

Jukka Sulin

# Liimojen toiminnan vertailu korkeataajuusmuovien liittämässä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka

Insinöörityö

20.4.16

Tekijä(t) Otsikko  Sivumäärä Aika	Jukka Sulin Liimojen toiminnan vertailu korkeataajuusmuovien liittämises- sessä  40 sivua + 14 liitettä 20.4.16
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Materiaali- ja korroosiotekniikka
Ohjaaja(t)	Yliopettaja Kai Laitinen Vanhempi R&D-päällikkö Antti Helminen
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli vertailla liimoja PREPERM® L300 -korkeataajuusmuoville, joka valmistetaan PPE-muovista. Työssä tutkittiin eri liimojen soveltuvuutta ja käytettävyyttä PREPERM® L300 -korkeataajuusmuoville. Soveltuvuutta testattiin erilaisilla lujuusmittauksilla ja olosuhteilla. Testeillä pyritään selvittämään liimojen lujuusominaisuuksia ja olosuhteiden vaikutusta liimojen lujuusominaisuuksiin. Käytettävistä liimoista mitattiin RF-läpäisykyky, joka on tärkeä ominaisuus korkeataajuusmuoveilla.</p> <p>Teoriaosassa käsiteltiin muoviliimoja, jotka soveltuvat matalan pintaenergian muoveille sekä liimojen applikointimenetelmiä. Lisäksi käsiteltiin liiman tartunnan parantamista.</p> <p>Testien perusteella löydettiin liimoja jotka soveltuvat PREPERM® L300 -korkeataajuusmuoville, ja testien perusteella niitä voidaan suositella käytettäväksi sen liimaukseen. Suositeltavat liimat ovat Loctite 406, Loctite 4902 ja Loctite 4090.</p>	
Avainsanat	syanoakrylaatti, muovien liimaus, vetokoe, leikkauslujuus

Author(s) Title	Jukka Sulin Comparison of Adhesives in Bonding of High Frequency Plastics
Number of Pages Date	40 pages + 14 appendices 20 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Material Technology and Surface Engineering
Specialisation option	Materials and Corrosion Technology
Instructor(s)	Kai Laitinen, Principal Lecturer Antti Helminen, Senior R&D Manager, High Frequency Plastics
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to compare the adhesives for PREPERM® L300 high frequency plastic, which is made of PPE-plastic. In this thesis, the suitability and usability of the different adhesives for PREPERM® L300 high frequency plastic were analyzed. The suitability was tested with various strength measurements and in different conditions. The tests were designed to solve the strength properties of adhesives and to examine the effects of different conditions on these strength properties. We measured the RF penetration from the adhesives that were in use, which is an important feature of the high frequency plastics.</p> <p>The theoretical part deals with plastic adhesives that are suitable for the low surface energy plastics, and the technique how to apply adhesives is discussed as well. In addition, it was analysed how to increase the adhesive strength.</p> <p>Based on the tests, adhesives were found that are suitable for the PREPERM® L300 high frequency plastic and, based on the tests they can be recommended for use in bonding. The adhesives that can be recommended are Loctite 406, Loctite 4902 and Loctite 4090.</p>	
Keywords	cyanoacrylate, bonding plastics, tensile test, shear strength

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Adheesioteoria	1
2.1	Absorptioteoria	2
2.2	Kemiallisen sitoutumisen teoria	2
2.3	Mekaanisen lukittumisen teoria	3
2.4	Diffuusioteoria	3
2.5	Elektrostaattinen teoria	3
3	Muoviliimat	3
3.1	Syanoakrylaatti	3
3.1.1	Etyylisyanoakrylaatti	4
3.1.2	Mettylisyanoakrylaatti	5
3.1.3	Syanoakrylaattien muunnelmia	5
3.2	Akryyliiima	7
3.3	Epoksi	7
3.4	Akryylivaahroteippi	8
4	Liimauksen suoritus	8
4.1	Metallipinnan esikäsittely	9
4.2	Muovipinnan esikäsittely	9
4.2.1	Pinnan puhdistaminen	10
4.2.2	Pinnan karhentaminen	10
4.2.3	Korona-käsittely	10
4.2.4	Liekkikäsittely	11
4.2.5	Plasmakäsittely	11
4.2.6	Kemiallinen syövyttäminen	11
4.3	Liiman applikointi	11
4.3.1	Annostelulaitteet	12
5	Liimasauman suunnittelu	14
5.1	Liimasaumaan kohdistuvat kuormitustyytit	14

5.2	Liimasauman suunnittelun perusteet	16
6	Koeliimat ja -materiaalit	17
6.1	Koeliimat ja -teippi	17
6.2	Koemateriaalit	19
6.3	Koekappaleet	20
7	Tutkimusmenetelmät	21
7.1	Veto- ja leikkauslujuuskoe	22
7.2	Irtivetokoe	22
7.3	Lämpötilan vaihtelu	23
7.4	Jäädytys	24
7.5	Iskulujuus	24
7.6	RF-läpäisykyky	26
7.7	Liimojen levitettävyyys	26
8	Tulokset	27
8.1	Veto- ja leikkauslujuudet	27
8.2	Irtivetokoe	31
8.3	Lämpötilavaihteluiden kestävyys	32
8.4	Jäätymisen vaikutus lujuuteen	33
8.5	Iskulujuus	33
8.6	RF-läpäisykyky	34
8.7	Liimojen levitettävyyys	36
9	Tulosten tarkastelu	36
9.1	Lujuus	36
9.2	Murtolujuudet ja murtumatyypit irtivetokokeessa	37
9.3	Lämpötilan vaihteluiden vaikutus	37
9.4	Jäätymisen vaikutus	38
9.5	Iskusitkeys	38
9.6	RF-läpäisykyky	38
10	Johtopäätökset	38
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. PREPERM® L300	

- Liite 2. Loctite 406 tekniset tiedot
- Liite 3. Loctite 4902 tekniset tiedot
- Liite 4. Loctite 4090 tekniset tiedot
- Liite 5. Loctite 3038 tekniset tiedot
- Liite 6. DP-8005 tekniset tiedot
- Liite 7. VHB-4932 tekniset tiedot
- Liite 8. Vetokokeiden vetolujuuskäyrät
- Liite 9. Vetokokeiden leikkauslujuuskäyrät
- Liite 10. Jäädystestien vetolujuuskäyrät
- Liite 11. Lämpötilan vaihtelun vetolujuuskäyrät
- Liite 12. Lämpötilan vaihtelun leikkauslujuuskäyrät
- Liite 13. RF-läpäisykykymittaukset
- Liite 14. Loctite 770

## Lyhenteet

PE	Polyeteeni
PP	Polypropeeni
PPE	Polyfenyylieetteri
PTFE	Polytetrafluorieteeni (Teflon)
OH <sup>-</sup>	Hydroksidi-ioni
UV	Ultravioletti säteily
RH	Suhteellinen kosteus
PC	Polykarbonaatti
PVC	Polyvinyylikloridi
SBR	Butadieeni-styreenikumi
CSM	Kloorisulfonoitu polyeteeni
WLAN	Langaton lähiverkkotekniikka

## 1 Johdanto

Matalan pintaenergian muovien liimaus on haasteellista. Markkinoilta löytyy rajallisesti liimavaihtoehtoja, joita voidaan käyttää matalan pintaenergian muoveille. Tällaisia muoveja ovat polyeteeni (PE), polypropeeni (PP), PTFE ja tässä työssä tutkittava polyfenyylieetteri (PPE).

Tämän työn tilaajana on Premix Oy, joka on Euroopan johtava sähköä johtavien muovien valmistaja. Sähköä johtavilla muoveilla voidaan hallita staattista sähköä, joka voi helposti vahingoittaa herkkiä elektronisia laitteita ja komponentteja. Sähköä johtavia muoveja käytetään elektroniikkateollisuudessa, kemian- ja kaivosteollisuudessa sekä lääketeollisuudessa.

Premix Oy valmistaa myös korkeataajuusmuoveja, jota käytetään antenneissa ja wlan-tukiasemissa. Korkeataajuusmuoveilla voidaan parantaa antennien tehoa ja pienentää niiden kokoa. Tässä työssä käytettävällä PREPERM® L300 -korkeataajuusmuovilla on alhainen dielektrinen häviökerroin ja korkea dielektrinen vakio.

Tähän työhön käytettävät liimat valittiin kahden valmistajan suositusten mukaisesti, ja liimat ovat globaalisti saatavilla. PREPERM® L300 -korkeataajuusmuoville ei tehdä tässä työssä mitään erityistä pinnan esikäsittelyä, jolla voidaan parantaa tartuntaa. Ainaoana tartuntaa parantavana tekniikkana käytetään pohjustetta, liimojen toimittajien suositusten mukaisesti.

## 2 Adheesioteoria

Adheesiota on pyritty selittämään erilaisilla teorioilla, joita on viisi kappaletta. Adheesi-ossa on aina läsnä useita vuorovaikutuksia ja mikään näistä viidestä teoriasta ei yksinään pysty selittämään adheesiota. Alla on listattuna adheesioon vaikuttavat teoriat. [1 s.4; 3 s.44]

- absorptioteoria
- kemiallisen sitoutumisen teoria



- mekaanisen lukittumisen teoria
- diffuusioteoria
- elektrostaattinen teoria

Tartuntamekanismien laajuus liimasidoksissa vaihtelee käytettävän liiman mukaan. Näiden teorioiden ymmärtäminen auttaa liimauksen suunnittelussa ja adheesioliitoksen lujuuden ennakoimisessa. [3 s.6.]

## 2.1 Absorptioteoria

Absorptioteoriassa katsotaan, että van der Waalsin voimat vaikuttavat liiman sekä substraatin rajapinnassa. Adheesio johtuu kahden materiaalin molekyyliden välisestä kontaktista ja kahden pinnan atomien välille syntyneistä pintavoimista. Van der Waalsin voimat ovat heikkoja voimia ja johtuvat siitä, että molekyylit polarisoituvat dipoleiksi. [1 s.5; 2 s. 46.]

Absorptioteoriaan kuuluu myös pinnan kostutus. Hyvän absorption saavuttamiseksi liiman tulee kostuttaa hyvin substraattimateriaali. Liimauksessa kostutuksen tulee olla jatkuvassa kontaktissa substraattipintaan. Kun kostutuskulma on  $0^\circ$ , liima kostuttaa pinnan täydellisesti, ja kun kostutuskulma on  $\geq 180^\circ$ , ei liima kostuta pintaa lainkaan. [2 s.50.]

## 2.2 Kemiallisen sitoutumisen teoria

Kemiallisen sitoutumisen teoriassa substraatin ja liiman välisen adheesion muodostavat kemiallisten reaktioiden kautta syntyvät primäärisidokset. Vety-, kovalenttiset ja ionisidokset muodostavat liiman ja liimattavan pintaan voimia, jotka ovat suurempia kuin dispersiovoimat- eli Van der Waalsin voimat. Kovalenttisesidokset ja ionisidokset ovat vahvoja primäärisidoksia ja antavat hyvän adheesion, kun taas vetysidokset ovat sekundäärisiä eivätkä tuota yhtä hyvää adheesiota. [1 s.11; 2 s.56.]

### 2.3 Mekaanisen lukittumisen teoria

Mekaanisen lukittumisen teoriassa adheesio johtuu siitä, kun liima tunkeutuu substraatin koloihin ja huokosiin. Liiman tulee kostuttaa substraatin pinta, jotta liima pääsisi tunkeutumaan riittävän nopeasti ennen kovettumista. Pinnan karhennus lisää liimattavan pinnan alaa. Tämä teoria ei kuitenkaan ole kattava, koska myös tasaisiin pintoihin saadaan hyvä adheesio. [2 s.59; 1 s.10; 3 s.7.]

### 2.4 Diffuusiteoria

Diffuusioteorian mukaan adheesio muodostuu, kun liiman ja substraatin välillä tapahtuu molekyylien diffuusiota. Diffuusioteoria soveltuu tapauksiin, joissa liimattavilla polymeereillä on pitkiä liikkuvia molekyylejä, kuten elastomeereilla, ja lämpötila on polymeerien lasimuutoslämpötilan yläpuolella. [1 s.9; 3 s.8.]

### 2.5 Elektrostaattinen teoria

Elektrostaattisessa teoriassa elektronien siirtojen johdosta syntyy positiivisesti ja negatiivisesti varautuneita pintoja, jotka vetävät toisiaan puoleensa. Tämä teoria voi olla mahdollinen, kun liimataan muovia ja metallia. Toisaalta polymeerit toimivat eristeenä ja näin ollen estävät elektronien siirtymistä. [1 s.9; 3 s.8; 2 s.65.]

## 3 Muoviliimat

### 3.1 Syanoakrylaatti

Syanoakrylaatti on laajasti käytetty yksikomponenttinen liima, pienten muoviosien liimaamiseen. Yleensä syanoakrylaatit ovat värittömiä, nestemäisessä muodossa olevia liimoja. Niiden olomuodot vaihtelevat korkean viskositeetin nesteestä tiksotrooppiseen geeliin, jota käytetään tasopintojen sekä suuren huokoisuuden omaavien materiaalien liimaamiseen. [4.]

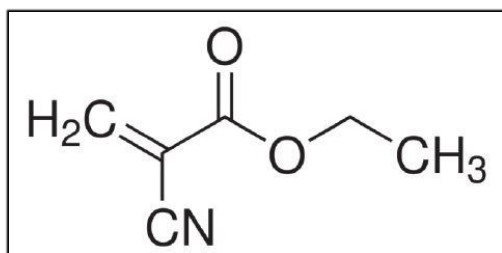
Syanoakrylaattiliimojen anioninen polymerisoituminen alkaa välittömästi kosketuksesta veden kanssa, koska siinä on kaksi voimakkaasti elektroneja puoleensa vetävää ryhmää CN ja COO. Vedeksi riittää ilmankosteus jota on adsorboitunut kappaleen pinnalle. Vedessä olevat hydroksidi-ionit (OH<sup>-</sup>) käynnistävät kovettumisreaktion. Liimattavassa pinnassa oleva kosteus neutralisoi liiman stabilisaattorit ja liima kovettuu sekunneissa. Avonaisella pinnalla liiman kovettuminen on suhteellisen hidasta, koska siinä on vähemmän kosteutta. Toinen tärkeä tekijä on hapen tulon estäminen liimattaville pinnoille, koska happi toimii inhibiittinä syanoakrylaatille ja näin ollen hidastaa kovettumista. [4; 1 s. 47; 5 s.8.]

Hyvän tartunnan aikaansaamiseksi on huomioitava kaksi päätekijää, suhteellinen kosteus (RH) ja liimattavien pintojen välinen etäisyys. Optimaalinen suhteellinen kosteus on 40–60 %. Pienimmillä suhteellisen kosteuden (RH 20 %) arvoilla kovettuminen on hitaampaa ja suuremmilla suhteellisen kosteuden arvoilla (RH 80 %) kovettuminen on nopeampaa. Suurilla suhteellisen kosteuden arvoilla syanoakrylaatit kovettuvat niin nopeasti, että liima polymerisoituu ennen kuin se on kiinnittynyt pintaan ja seurauksena on huono liimasidos. Toinen tarttumiseen vaikuttavista päätekijöistä on liimattavien kappaleiden etäisyys. Kappaleiden tulisi olla toisistaan 0,1 mm:n etäisyydellä, jotta saavutetaisiin hyvä liimasidos. Pienemmät välit nopeuttavat liiman kovettumista. Erilaiset syanoakrylaatit voivat kiinnittyä pintojen ollessa 0,5 mm:n etäisyydellä toisistaan ja liiman UV-kovettamisella kappaleiden etäisyys voi olla jopa 5–6 mm. [4; 5 s.13.]

Syanoakrylaatit saavuttavat lujuutensa minuuteissa, mutta kuitenkin kovettuminen jatkuu seuraavat 24 tuntia, jolloin sen lujuus voi kaksinkertaistua. [4.]

### 3.1.1 Etyylisyanoakrylaatti

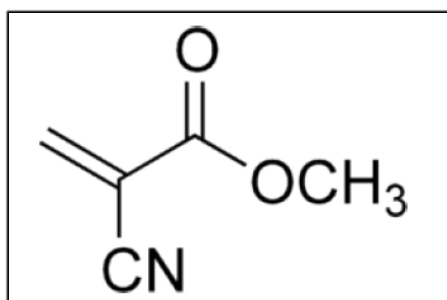
Etyylisyanoakrylaatti (Kuva 1) on käytetyin syanoakrylaattiliima. Sillä on matala matala iskun- ja kuoriutumiskestävyys sekä kohtuullinen liuottimien kestävyys. Etyylisyanoakrylaatilla on matala kuoriutumiskestävyys, koska siinä ei ole ristisilloja, jotka estävät kuoriutumista. Etyylisyanoakrylaatti soveltuu polykarbonaatin (PC), akryylnitriiliin, butadieeni-styreenikumin (SBR), polyvinyylikloridin (PVC) sekä useimpien muovien ja kumien liimaamiseen, kun vastinpinnat ovat samaa materiaalia. Etyylisyanoakrylaatissa on yksi hiiliryhmä enemmän kuin metyyliisanoakrylaatissa. Tämä tekee sen elastisemmaksi. [4, s.4; 6; 5.]



Kuva 1. Etyylisyanoakrylaatin kemiallinen rakennekuva [7]

### 3.1.2 Metyyllisyanoakrylaatti

Metyyllisyanoakrylaatilla (Kuva 2) on pienempi molekyylikoko, ja se soveltuu paremmin metallien liimaukseen kuin etyyllisyanoakrylaatti. Sillä on myös parempi lämmönkestävyys kuin etyyllisyanoakrylaatilla, koska siinä ei ole ylimääräistä hiiliryhmää. [4, s.7; 5.]

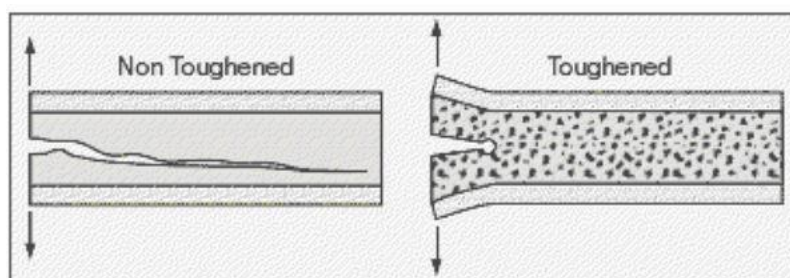


Kuva 2. Metyyllisyanoakrylaatin kemiallinen rakennekuva [7]

### 3.1.3 Syanoakrylaattien muunnelmia

#### Kumipartikkeleilla lujitettu syanoakrylaatti

Syanoakrylaatteja voidaan lujittaa pienillä kumipartikkeleilla, jotka lisäävät liiman iskun- ja kuoriutumiskestävyyttä. Liimaan lisätyt kumipartikkelit estävät särön etenemistä liiman sisällä (Kuva 3). Kumipartikkelit parantavat myös liiman kosteuden kestävyttä. Kumipartikkeleilla lujitetun syanoakrylaatin kovettuminen on hitaampaa kuin tavallisen syanoakrylaatin. [4 s.5; 6.]



Kuva 3. Kumipartikkeilla lujitettu syanoakrylaatti [4 s.6.]

#### Alkoksi etyylisyanoakrylaatti

Etyyli- ja metyyli-syanoakrylaateista lähtee voimakas haju, joka voi ärsyttää silmiä ja nenää. Korkean liuotin pitoisuuden takia ne voivat myös aiheuttaa härmistymistä, jolloin haihtuva liuotin reagoi ilman kosteuden kanssa ja liimattavan kappaleen päälle sataa valkoista jauhetta. Edellä mainittujen ongelmien takia on kehitetty suuren molekyyli-painon alkoksi etyylisyanoakrylaattiliima. Se haisee vähemmän ja vähentää "usvan" syntymistä. Kyseisen liiman kovettuminen on hitaampaa, ja sen ei adheesio ei ole yhtä hyvä, kuin tavanomaisten syanoakrylaattien. [4 s.4.]

#### Syanoakrylaatti happamille pinnoille

Happamat substraatit hidastavat liiman kovettumista ja voivat toimia estää liiman kovettumisen kokonaan. Siksi on kehitetty syanoakrylaatti, joka pystyy aktivoitumaan happamilla pinnoilla. [4 s.5.]

#### Lämmön kestävä syanoakrylaatti

Tavallinen etyylisyanoakrylaatti kestää noin 100 °C:n lämpötilaa. Tämän lämpötilan ylityessä liimansidosvoima voi laskea nopeasti. Siksi on kehitetty syanoakrylaatti joka, kestää 120 °C:n lämpötilaa. Lämpötilan kestävyyttä on parannettu lisäämällä liimaan allyyliryhmä. Liiman ristikilloittuminen eli kovettuminen vaatii lämmittämistä, ja kappaleet on puristettava yhteen. [4 s.7.]

## Joustava syanoakrylaatti

Joustava syanoakrylaatti on modifioitu etyyli-syanoakrylaatista sovelluksiin, joissa tarvitaan hyvää joustavuutta. Sillä on kuitenkin alhaisempi korkean lämpötilan kestävyys kuin tavanomaisella syanoakrylaatilla. [4. s.7.]

## UV-kovettuva syanoakrylaatti

UV-kovettuvat syanoakrylaatit perustuvat tavalliseen etyyli-syanoakrylaattiin, johon on lisätty fotoinitiaattoreita. Ne absorboivat UV-valoa aallonpituudella 365 nm, jolloin liima kovettuu lähes välittömästi altistuttuaan UV-valolle. UV-kovettuvan liiman etuina voidaan pitää sen kykyä täyttää 5–6 mm:n välejä sekä nopeuttaa teollisuudessa käytettäviä liimausprosesseja. [4 s.8; 3 s.124.]

## 3.2 Akryyliiliima

Akryyliiliimoissa pääasiallinen monomeeri on metyyli-metakrylaatti (MMA), mutta akryyliiliimoissa on muitakin monomeerejä, jotka parantavat adheesiota ja muita ominaisuuksia kuten kuumankestävyyttä. Rakenneakryyliiliimoissa on myös metyyli-metakrylaatteja, jotka lisäävät viskositeettia ja vähentävät liiman tuoksua. Kloorisulfonoitua polyeteeniä (CSM) käytetään akryyliilimojen lujittamiseen. Rakenneakryyliiliimat ovat 2-komponenttisiä. Ne sisältävät muovihartsin ja katalyytin/kovetteen. Katalyytti sisältää ainoastaan yhden kovettumiseen tarvittavan komponentin, ja loput komponentit ovat muovihartsiosassa. Liima voidaan levittää niin, että katalyytti/kovete levitetään toiseen pintaan ja muovihartsi toiseen pintaan, ja sen jälkeen pinnat liitetään toisiinsa kiinni. Nykyään on olemassa levityspistooleja, joissa saadaan muovihartsi ja katalyytti/kovete sekoitettua oikeassa suhteessa. [1. s. 45–46; 8 s.12.]

## 3.3 Epoksi

Epoksiliimat ovat usein 2-komponenttisiä liimoja, joissa on hartsi- ja koveteosa. Hartsi-osana on epoksi, ja koveteosana on yleensä käytetty amiineja, amideja, metyyli-merkaptaneja ja anhydreja. Epoksiliimat polymeroituvat kertamuoviksi, kun epoksihartsi ja

kovete muodostavat kovalenttisia sidoksia epoksidirenkaiden kanssa. Epoksiliimoja käytettäessä on tärkeää, että hartsi- ja koveteosa ovat oikeassa suhteessa. 2-komponenttiset epoksiliimat kovettuvat huoneenlämpötilassa, ja yksi komponenttiset epoksiliimat tarvitsevat lämpöä kovettuakseen. Tarvittavat kovettumislämpötilat ovat esim. 121 °C ja 177 °C. [3 s.80; 8 s.7.]

Epoksiliimat muodostavat lujia liitoksia useimpiin materiaaleihin. Epokseilla on myös hyvä kemiallinen kestävyys sekä laaja käyttölämpötila-alue. Epoksiliimoja voidaan valmistaa useita erilaisia käyttökohteiden mukaan ja myös niiden lämpötilan kestävyttä voidaan räätälöidä välillä -157–204 °C. [3. s.81.]

### 3.4 Akryylivaahhteippi

Muovien liimauksessa voidaan käyttää myös teippejä, joilla saadaan korkean lujuuden liimaliitoksia. Matalan pintaenergian muoveja liimataan yleensä akryylivaahhteipillä, jonka rakenne on kauttaaltaan viskoelastinen. Teipin sisältämä vaahto suojaa liimaliitosta ulkoisilta rasituksilta ja näin ollen parantaa sen lujuutta. Teippi antaa myös liimatuille kappaleille liikkumavaraa, ja näin ollen se parantaa kuormituskestävyyttä. Teippejä käytettäessä on käytettävä pohjustetta. Pohjuste syövyttää liimattavan kappaleen pintaa ja parantaa teipin tarttuvuutta. [9.]

Teipin käyttäminen antaa liimaliitokselle tasaisen liimakerroksen paksuuden. Sen käyttäminen on helppoa ja nopeaa. Kaksipuolisilla teipeillä saadaan aikaan kerrosrakenne kahdesta liitettävästä kappaleesta. Kerrosrakenteen etuna on suuri ominaislujuus ja erityisesti jäykkyys, kun suurimman jännityksen alaiset uloimmat osat sidotaan pienellä massalla. [3 s.84; 10.]

## 4 Liimauksen suoritus

Pitävän liimasauman aikaan saamiseksi on liimattaville pinnoille tehtävä esikäsittelyjä. Pinnan esikäsittelyn tarkoituksena on valmistella liimattava pinta sellaiseksi, että liiman hyvälle tarttumiselle on edellytykset. Liimattavien pintojen tulisi olla esillä niin, että niissä ei ole mitään liimaamista heikentäviä aineita kuten hapettumia, maalia tai muita epäpuhtauksia. [3 s.37.]

#### 4.1 Metallipinnan esikäsittely

Metallipintojen esikäsittely käsittää useita eri vaiheita, mutta niitä ei välttämättä aina käytetä. Metallipintoihin ei voida saada riittävää adheesiota, jos metallipintoja ei puhdisteta. Metalleilla on korkea pintaenergia, jolloin ne absorboivat öljyä ja muita epäpuhtauksia. [3 s.38.]

Metalleille tulee ensimmäiseksi tehdä rasvanpoisto. Jos rasvaista pintaa lähdetään mekaanisesti puhdistamaan ennen rasvanpoistoa, rasva vain leviää pinnassa. Metallipintojen puhdistamiseen voidaan käyttää liuotinpuhdistusaineita, alkalista pesua tai tehokasta vesipesua. Rasvanpoistamisen jälkeen metallipinnat puhdistetaan suihkupuhaltamalla tai mekaanisesti hiomalla. Tämä vaihe karhentaa metallinpintaa ja lisää liimattavan pinnan pinta-alaa. Metallipinnat voidaan myös syövyttää, mikä poistaa hapettumat, jotka estävät liiman kiinnittymistä metallin pintaan. Kemiallinen esikäsittely muuttaa pinnan kemiallisen ja parantaa adheesiota. Puhdistamisen jälkeen metallipinnat voidaan käsitellä pohjusteella. Pohjuste parantaa pinnan kostumista, suojaa metallia hapettumiselta puhdistamisen jälkeen sekä toimii inhibiittinä metallin pinnassa korroosiota vastaan. [3 s.39–40.]

#### 4.2 Muovipinnan esikäsittely

Metallien ja muovien pintaenergioissa on merkittävä ero. Polymeereillä on luonnostaan matalampi pintaenergia kuin metalleilla ja sen takia ne pyrkivät muodostamaan huonoja liimasidoksia ilman pinnan esikäsittelyä. Pinnan esikäsittely kohdistuu ainoastaan pintaan eikä koko substraattiin. Muoveille on olemassa kemiallinen, fysikaalinen ja aineeseen vaikuttava esikäsittely, jotka parantavat adheesiota muoviin. Kemiallisessa esikäsittelyssä substraatin pintaa voidaan syövyttää hapolla niin, että se hapettuu ja substraatin pinta voidaan myös uudelleen polymerisoida plasmalla. Fysikaalisessa esikäsittelyssä käytetään eri tekniikoita kuten koronakäsittely, liekkikäsittely ja plasmakäsittely. Aineeseen vaikuttavia esikäsittelyä ovat eri lisäaineet, sekoittaminen ja uudelleen kiteyttäminen, jotka vaikuttavat muovin ominaisuuksiin. [3 s.40–41.]



#### 4.2.1 Pinnan puhdistaminen

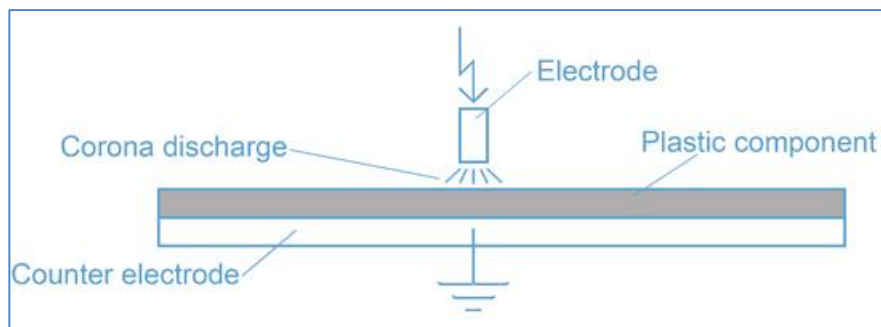
Muovimateriaalit tulisi puhdistaa vesipohjaisella pesuaineliuoksella, huuhdella perusteellisesti vedellä ja sen jälkeen kuivata. Muoveille voidaan käyttää myös liuotinpesua. Molemmat pesutavat poistavat epäpuhtauksia muovin pinnalta. [3 s.41.]

#### 4.2.2 Pinnan karhentaminen

Muovipinnan karhentamisella saadaan poistettua irtonaiset ja epävakaat polymeerit liimattavalta pinnalta. Tämä lisää myös liimattavan pinnan pinta-alaa. Ennen pinnan karhentamista tulee pinta puhdistaa epäpuhtauksista, minkä jälkeen pinta karhennetaan hiekkapaperilla tai suihkupuhdistamalla. Karhennuksen jälkeen pinta tulee pyyhkiä puhtaaksi. [3. s.41; 4 s.98.]

#### 4.2.3 Koronakäsittely

Koronakäsittelyssä (Kuva 4) polymeerifilmi ohittaa päällystetyn metallielektroodin. Metallielektrodiin johdetaan korkeataajuuksinen virta, joka tuotetaan korkeataajuusgeneraattorilla. Koronaesikäsittely on erittäin tehokas menetelmä polyolefiinimuoveille, koska se synnyttää pintaan adheesiota parantavia karbonyyliryhmiä, jotka kasvattavat muovin pintaenergiaa, jolloin liima voi levittyä pinnalle paremmin. [4 s.98; 3 s. 41.]



Kuva 4. Havainnekuva koronakäsittelystä [13]

#### 4.2.4 Liekkikäsitteily

Liekkikäsitteilyssä liekki viedään liimattavan pinnan ohi. Liekki muodostetaan sopivalla ilma-kaasuseoksella ja liimattava pinta altistetaan liekille muutamaksi sekunniksi. Liekkikäsitteily hapettaa liimattavaa pintaa ja nostaa sen pintaenergiaa. Liekkikäsitteilyä käytetään laajasti polyolefiinimuoveille. [4 s.98; 3 s.42.]

#### 4.2.5 Plasmakäsitteily

Plasmakäsitteilyssä liimattavaa pintaa pommitetaan kaasuioneilla. Kaasuna voidaan käyttää inerttejä kaasuja. Plasmakäsitteily voidaan tehdä normaalissa ilmakehän paineessa tai alipaineessa suljetussa kammiossa. Plasmakäsitteilyllä voidaan myös puhdistaa, syövyttää tai kemiallisesti aktivoida pinta käyttämällä sopivia kaasuja ja olosuhteita. Plasmakäsitteily nostaa liimattavan pinnan pintaenergiaa 2–3-kertaiseksi. [4 s.98; 3 s.42.]

#### 4.2.6 Kemiallinen syövyttäminen

Kemiallinen syövyttäminen muuttaa pinnan fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia. Tavallisesti muovipinnat pestään saippualla ja pesuaineliuoksella tai orgaanisella liuottimella. Tämän jälkeen kappaleet upotetaan kemialliseen käsitteilykylpyyn. Kemiallinen kylpy voi sisältää happoja, emästä, hapettavia aineita, klooria tai muita aktiivisia kemikaaleja. Kylvyn jälkeen kappaleet huuhdellaan vedellä ja kuivataan korotetussa lämpötilassa. Tavallisesti käytettyjä happoja ovat kromihappo, rikkihappo, fosforihappo ja näiden yhdistelmät. [3 s.43.]

#### 4.3 Liiman applikointi

Liima voidaan levittää telalla, suihkeena tai pieninä pisaroina. Levityslaitteita on useita erilaisia. Liima voidaan levittää suoraan pullostasta, käsiannostelulaitteesta tai kehittyneellä automaatiojärjestelmällä. Yksinkertaisimmat menetelmät ovat telaaminen ja ilmaton suihkuttaminen. Näitä menetelmiä voidaan käyttää yleisesti suurten paneelien kiinnittämiseen. Useimmat liimat pitää kuitenkin levittää tarkasti pieninä annoksina. Tämä voidaan tehdä käsiannostelijoilla tai automaatiojärjestelmällä. [5 s.20.]

Annostelulaitetta valittaessa on syytä ottaa huomioon asioita, jotka vaikuttavat liiman levitykseen:

- tuotteen luonne - yksi- tai kaksi-komponenttinen
- viskositeetti ja reologia
- tarkkuus liimaa levitettäessä
- mahdollinen haitallinen vuorovaikutus liimatuotteen ja annostelijan kesken
- liiman aukioloaika
- liiman kovettaminen
- liima-annoksen määrä
- terveys- ja turvallisuuskäsitteet [5 s.20; 4 s. 115].

#### 4.4 Annostelulaitteet

Usein liima voidaan annostella suoraan pullosta tai tuubista. Pullon tai tuubin nokka on yleensä valettu niin, että liiman annostelua on helppo kontrolloida. Markkinoilta löytyy myös pieniä annostelunokkia, jotka voidaan asentaa pulloon paremman annostelun aikaansaamiseksi. [4 s.122.]

Liiman annostelu voidaan suorittaa myös käsikäyttöisellä liimapistoolilla (Kuva 5). Liimapistoolia käytetään yleensä 2-komponenttisten liimojen annostelussa. Liimapistooliin asennetaan kaksoispatruuna, jossa on liiman muovi- ja koveteosa. Liimapistoolissa on mäntä, joka painaa liiman annostelunokkaan. Annostelunokassa liima sekoittuu oikeassa suhteessa. [4 s.122.]



Kuva 5. Käsikäyttöinen liimapistooli, sekoitusnokkia ja kaksoisliimapatruuna

Puoliautomaattisessa annostelijassa on paineistettu tankki, jossa liimaa säilytetään. Tankin paine kohdistaa voiman liimaan, ja liima työnny ulos annostelijan kärjestä. Tästä tekniikasta löytyy kaksi erilaista variaatiota, ruiskuannostelija ja painesäiliöannostelija. Tämä tekniikka on laajasti käytetty teollisuudessa. [4 s.123.]

Ruiskuannostelijassa ajastettu ilmapulssi painaa ruiskuannostelijan mäntää alaspäin, mikä pakottaa liiman ulos annostelijan kärjestä. Liima-annoksen määrää pystytään säätämään paineen, annostelunokan halkaisijan ja ilmapulssin avulla. Ruiskuannostelijoissa on yleensä mukana liiman tihkumisen estäjä, kun annostelijaa ei käytetä. Tämä on toteutettu imulla, joka pitää liimaa paikallaan. [4 s.123.]

Painesäiliöannostelija koostuu tankista, annosteluventtiilistä ja ohjauskonsolista. Laite vaatii paineilmaa tai tyypipullon, jolla voidaan tuottaa tarvittava paine laitteelle. Venttiili ja muut oheislaitteet toimivat sähköllä, joten laite tarvitsee myös sähkölähteen. Paras mahdollinen tarkkuus ja annostelun hallinta saavutetaan erilaisilla venttiileillä, jotka on suunniteltu tuotteen liimaamiseen. Venttiiliä voidaan kontrolloida manuaalisesti tai automaattisesti. [4 s.125.]

Automaattijärjestelmät pohjautuvat puoliautomaattisiin järjestelmiin, mutta niihin on lisätty erilaisia lisäominaisuuksia. Lisäominaisuudet voivat olla erilaisia ilmaisia, jotka il-

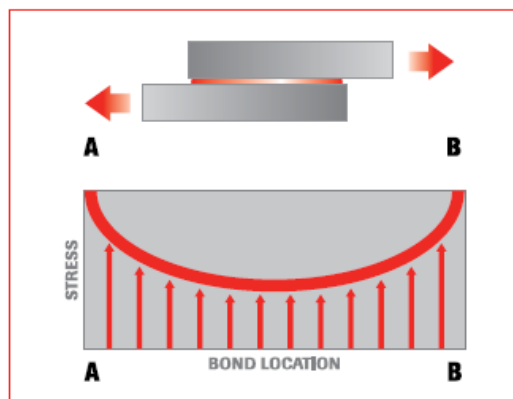
maisevat liiman loppumisen säiliöistä ja vaihtavat automaattisesti säiliötä. Automaattijärjestelmä voi olla myös robotti, johon on lisätty annosteluventtiili. Tällaisia järjestelmiä käytetään tavallisesti suurten volyymien tuotantolinjoissa. Robottijärjestelmiin voidaan kytkeä painesensoreita, jotka havaitsevat liiman tulon katkeamisen, jos esimerkiksi liimaan on sekoittunut ilmakuplia. Automaatiojärjestelmiin voidaan lisätä myös kameroita, jotka tarkkailevat tuotteiden liimausta ja hylkäävät kappaleet, joissa ei ole liimaa. [4 s.126.]

## 5 Liimasauman suunnittelu

### 5.1 Liimasaumaan kohdistuvat kuormitustyytit

Liimasaumaan voi kohdistua erilaisia kuormituksia, joita on viisi kappaletta. Kuormitustyytit ovat leikkaus, puristus, veto, kuorinta ja halkaisu. Jokaisessa kuormitustyytissä kuormitus kohdistuu eri kohtiin liimasidoksessa.

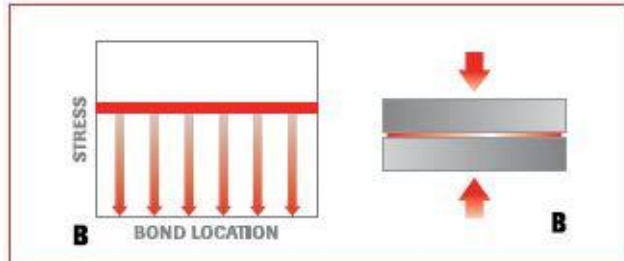
Leikkauskuormituksessa (Kuva 6) kaksi pintaa liukuvat toisiinsa nähden eri suuntiin. Leikkauskuormitus kuormittaa koko liimattua aluetta. Tällaiseen kuormitukseen joutuvat liimasaumat ovat yleensä kaikkein kestävimpiä. Aina jos on mahdollista, kuormitus tulisi kohdistaa saumaan niin, että kuormitus olisi leikkauskuormitusta. [3 s.160.]



Kuva 6. Leikkauskuormitus ja kuormituksen jakautuminen [8]

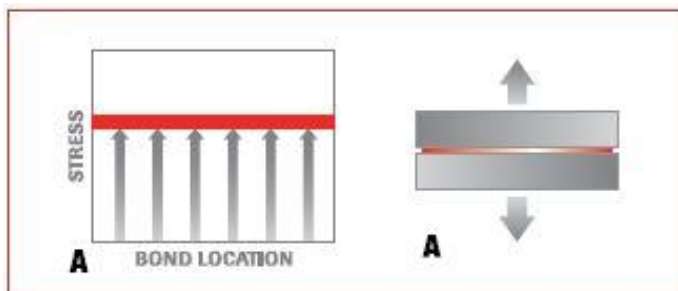
Kuormituksen ollessa puristuskuormitusta (Kuva 7) liimasauma ei irtoa niin helposti kuin jos olisi jostain toisesta kuormituksesta kyse. Puristuskuormitusta liimasauma kestää

enemmän kuin vetokuormitusta. Puristuskuormituksessa olevia liimasaumoja käytetään verrattain vähän. [3 s.160; 11.]



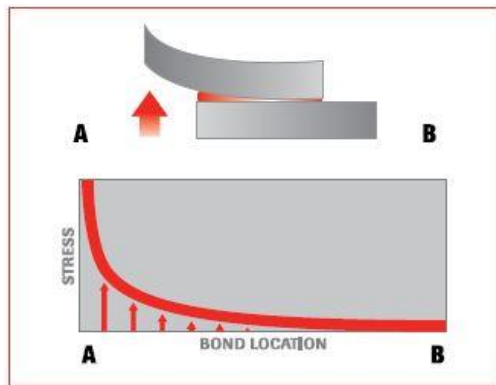
Kuva 7. Puristuskuormitus ja kuormituksen jakautuminen [8.]

Vetokuormitus (Kuva 8) syntyy, kun voimat vaikuttavat liimasaumaan kohtisuorassa. Vetokuormitus ja leikkauskuormitus ovat verrattavissa, koska kuormitus jakautuu koko sauman alueelle. Vetokuormituksen ollessa kyseessä ei aina voida olla varmoja siitä kohdistuuko siihen myös muita kuormituksia. [3 s.160.]



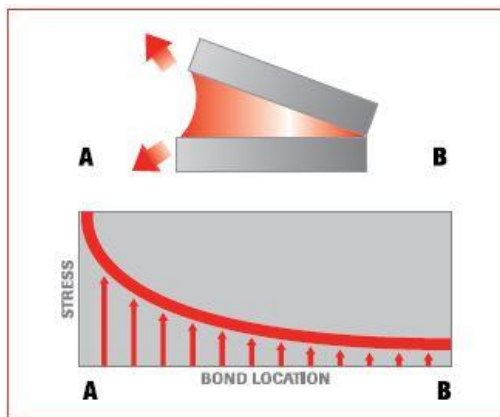
Kuva 8. Vetokuormitus ja kuormituksen jakautuminen [8.]

Kuorintakuormituksessa (Kuva 9) ainakin toisen liimattavan pinnan tulee olla joustava, että kuoriutumista voi tapahtua. Kuorimista voi tapahtua, jos suuri kuormitus kohdistuu liimasauman rajalinjaan. Kuormitus keskittyy vain toiseen päähän liimasaumassa. Jos liimasauma on laaja tai kuormitus on pieni, kuorimista ei esiinny. Kuorintakuormitusta tulisi välttää, jos se vain on mahdollista. [3 s.161.]



Kuva 9. Kuorimiskuormitus ja kuormituksen jakautuminen [8]

Halkaisukuormitus (Kuva 10) voi tapahtua, jos jäykän materiaalin toiseen päähän kohdistuu vetokuormitusta. Halkaisukuormitukseen tarvitaan myös melko suuri liimapinta, jotta näin voisi tapahtua. [3 s.161.]



Kuva 10. Halkaisukuormitus ja kuormituksen jakautuminen [8.]

## 5.2 Liimasauman suunnittelun perusteet

Liimasauman suunnittelussa on nimenomaan otettava huomioon, että liitoskohta liimataan. Liimasauman suunnittelussa pyritään saamaan koko liimasaumalle mahdollisimman suuri kestävyys. Liimasaumat täytyy suunnitella niin, että saumoihin kohdistuu mahdollisimman vähän kuormitusta. Suunnittelussa on huomioitava, että rakenteessa ei ole kuormituskeskittymiä, jotka vähentävät liimasauman kuormitettavuutta ja käyttöikää. [3 s.159.]

Liimasauman lujuus määräytyy ensisijaisesti liimattavan pinnan ja liiman mekaanisista ominaisuuksista, jäljelle jääneistä sisäisistä jännityksistä, todellisesta liiman ja liimattavan pinnan kontaktista sekä sauman geometriasta. Jokaisella neljällä tekijällä on vaikutusta sauman toimintakykyyn. Liimasauman suunnittelussa on otettava huomioon myös lämpölaajeneminen vaikka sauma olisi suunniteltu niin, että siihen ei kohdistu suurta ulkoista kuormitusta. Liimasauma saattaa myös kutistua, kun liima kovettuu. Jos liima ei pääse haihtumaan saumasta, liimasauma jää liian paksuksi, mikä lisää liiman sisäisiä jännityksiä. Ilmaa saattaa myös jäädä liimasaumaan, jos liiman viskositeetti on liian suuri. Tämä voi johtaa pinnan huonoon kostutukseen tai ilman huonoon virtaukseen kovettumisen aikana. [3 s.159.]

Liimauksessa täytyy myös ymmärtää, kuinka kuormitus jakautuu liimasaumalle. Kuormitustyyppi ratkaisee, kuinka liimasauma kestää. Leikkauskuormituksessa liimasauman molemmat päät vastustavat kuormitusta. Sen takia tämän tyyppisiä saumoja tulisi suosia ja välttää halkaisu- ja kuorintakuormitusta jossa kuormitus kohdistuu yhdelle reunalle. Vetokuormitusta tulisi myös välttää ja suosia sen sijaan puristuskuormitusta. Liimasauman tulisi olla myös leveä, jolloin se pystyy vastustamaan siihen kohdistuvia voimia paremmin. [8 s.79.]

Liimatyyppillä on myös tärkeä osa liimasauman kestävyyskannalta. Kertamuoviliimat, kuten epoksi, ovat suhteellisen jäykkiä ja kestävät suuria veto- ja leikkauskuormituksia. Niillä on myös hyvä väsymislujuuden kesto. Koska kertamuoviliimat ovat kovia ja hauraita, niiden kuorinta- ja halkaisukuormituksen kesto ei ole silloin kovin hyvä. Elastomeerisillä liimoilla on taas heikko veto- ja leikkauskuormituksen kesto, mutta ne kestävät kuorinta- ja halkaisukuormitusta paremmin. Liimat joilla on korkea veto- ja leikkauskuormituksen kestävyys, kestävät staattista kuormitusta lyhyen aikaan. Jos staattinen kuormitus on pitkä jaksoista tai värinän alaista, niiden kestävyys on heikko. [3 s.161.]

## 6 Koeliimat ja -materiaalit

### 6.1 Koeliimat ja -teippi

Koeliimoja työhön valittiin kuusi erilaista, kahdelta eri valmistajalta, jotka olivat Loctite ja 3M. Liimojenvalmistajat suosittelivat liimoja, jotka soveltuvat matalapintaenergisten muovien liimaukseen. Viisi tuotteista oli liimoja ja yksi tuote oli teippi.



Loctite suositteli neljää erilaista tuotetta. Loctiten tuotteissa käytettiin myös polyolefiinimuoveille soveltuvaa pohjustetta tartunnan parantamiseen.

Loctite 406 (Liite 2) on etyyliisianoakrylaatti, joka on suunniteltu nopeaan kiinnittymiseen, etenkin muoveille ja kumille. Loctite 406 on matalan viskositeetin liima, ja se kovettuu ilmankosteuden avulla.

Loctite 4902 (Liite 3) on joustava etyylioktyyliisianoakrylaatti. Se on tavallista syanoakrylaattia joustavampi, ja sillä on erinomainen kyky tiivistää saumoja. Sillä on matala viskositeetti. Se on myös hyväksytty käytettäväksi lääketieteellisissä laitteissa.

Loctite 4090 (Liite 4) on 2-komponenttinen liima, jossa on syanoakrylaattia ja epoksia. Sen sekoitussuhde on 1:1. Sitä käytetään sovelluksissa, joissa tarvitaan hyvää kosteuden ja korkean lämpötilan kestävyyttä. Sillä on myös hyvä välyksen täyttökyky sen tiksotrooppisen olomuodon ansiosta. Loctite 4090:lla on korkea viskositeetti.

Loctite 3038 (Liite 5) on 2-komponenttinen rakenneakryyliiliima. Sen sekoitussuhde on 1:10. Se on kehitetty pinnoille, joilla on matala pintaenergia. Sen etuna on, että sillä voidaan liimata matalan pintaenergian pintoja ilman pinnan esikäsitteilyä. Sillä pystytään myös liimaamaan sähköpinnoitettuja metalleja ja lasikuitulujitettua polypropeenaa. Tuote sisältää 0,25 mm:n kokoisia lasikuulia, jotka säätävät liimasauman välyksen vakiokoiseksi. Viskositeetiltaan se on keskinkertainen ja olomuodoltaan tiksotrooppinen.

Loctite 770 (Liite 14) on polyolefiineille ja matalan pintaenergian substraateille kehitetty pohjuste. Sen tarkoituksena on parantaa liiman tarttuvuutta substraattiin, etenkin syanoakrylaattiliimoja käytettäessä. Sen viskositeetti se on erittäin matala.

3M suositteli kahta erilaista tuotetta PREPERM® L300 -korkeataajuusmuovin liimaukseen.

DP-8005 (Liite 6) on 2-komponenttinen rakenneakryyliiliima, joka soveltuu polyolefiinimuovien liimaukseen ilman mitään erityistä pinnan esikäsitteilyä. Liima kovettuu huoneenlämpötilassa ja sillä on hyvä veden- ja kosteudenkestävyys. Sen sekoitussuhde on 1:10, ja sillä on korkea viskositeetti.

VHB-4932 (Liite 7) on akryylipohjainen kaksipuolinen teippi. Teipillä on hyvä UV-valon- ja kemikaalienkestävyys. Akryylin ansiosta teippi kestää hyvin ulko-olosuhteita ja lämpötilan vaihteluita.

## 6.2 Koemateriaalit

Koemateriaaleina käytettiin PREPERM® L300 -korkeataajuusmuovia, ruostumatonta terästä ja alumiinia. Metallit oli valittu Premix Oy:n toiveiden mukaisesti, koska niitä liitetään sovelluksissa PREPERM® L300 -korkeataajuusmuoviin.

PREPERM® L300 -korkeataajuusmuovi (Liite 1) on Premix Oy:n patentoima muovimateriaali, jota valmistetaan PPE-kestomuovista. PREPERM® L300 -korkeataajuusmuovilla on matala pintaenergia, ja tämän vuoksi se on vaikea liimattava. PREPERM® L300 -korkeataajuusmuovia käytetään korkeantaajuuden sovelluksissa antennien rakenneosina tukiasemissa, matkapuhelimissa, wlan-tukiasemissa sekä point-to point-laitteissa. Tällä muovimateriaalilla häviökerroin  $\tan \delta = 0,0005$ , ja sillä on vakaa dielektrinen vakio 3.0 laajalla taajuus- ja lämpötila-alueella. PREPERM® L300 -korkeataajuusmuovi toimii erittäin korkeilla taajuuksilla, ja se pysyy vakaana jopa 120 GHz:n taajuuksilla. PREPERM® L300 -korkeataajuusmuovi säilyttää fysikaaliset ominaisuutensa hyvin alhaisissa lämpötiloissa (-78 °C). [11]

Tässä työssä käytetty ruostumaton teräs on austeniittistä ruostumatonta terästä. Austeniittiset laadut sisältävät raudan ja kromin lisäksi nikkeliä. Yleensä niissä on 16–20 % kromia. Suurella nikkelseostuksella, yli 6 %, teräs saadaan pysymään kokonaan austeniittisena riippumatta lämpötilasta. Yleisimmät austeniittiset ruostumattomat teräslaadut ovat EN 1.4301 (AISI 304) ja EN 1.4436 (AISI 316).

Tässä työssä käytettävä alumiini on valmistettu standardin EN 573-3 mukaisesti. Kyseinen alumiini sisältää 4,0 p- % kuparia, 0,7 p- % magnesiumia, 0,65 p- % mangaania, 0,5 p- % piitä ja loput alumiinia.

Irtivetokokeessa materiaaleina PREPERM® L300 -korkeataajuusmuovi, johon liimattiin teräsnappi ja alumiininappi.

### 6.3 Koekappaleet

Koekappaleina käytettiin vetokoesauvoja, jotka oli katkaistu keskeltä kahtia ja joiden poikkileikkauspinnat tasoitettiin tasojyrsimellä tasaisen liimauspinnan aikaansaamiseksi. Vetokoesauvan pituus oli 168 mm, leveys 10 mm ja paksuus 4 mm.

Leikkauslujuuden määrittämiseksi käytettiin porrastettuja koelevyjä (Kuva 11), jotka halkaistiin pituussuunnassa keskeltä kahtia ja joiden tasaiset pinnat liimattiin vastakkain. Koelevyjen pituus oli 151 mm ja leveys 28 mm. Kohta johon liima levitettiin oli 3 mm paksu, ja koelevyn suurin paksuus oli 6 mm. Koelevyinä käytettiin myös ruostumatonta terästä ja alumiinia, jotka oli liimattu PREPERM® L300 -korkeataajuusmuoviin. Metallilevyjen paksuus oli 3 mm. Metalleja karhennettiin hiomapaperilla P 600. Kaikki liimattavat pinta-alat olivat 28 mm x 30 mm. Koelevyt jotka liimattiin rakenneakryyliimalla (DP-8005 ja Loctite 3038), puristettiin yhteen 7,5 kg:n painolla.



Kuva 11. Koesarja leikkauslujuuskoesauvoista

Irtivetokokeessa yhden liiman koesarjassa (Kuva 12) oli kuusi koelevyä, joista kolmeen levyyn liimattiin teräsnappi ja kolmeen levyyn alumiininappi. Koelevyn paksuus oli 3 mm ja koko 34 mm x 55 mm. Puhdistettu koenappi liimattiin puhdistetulle koelevylle. Koelevyille ja napeille ei tehty mitään erityistä tartunnan parantamiseksi, ainoastaan käytettiin syanoakrylaateille liiman valmistajien suositusten mukaisesti pohjustetta Loctite 770.

Pohjuste levitettiin koelevyyn. Koenappeina käytettiin teräs- ja alumiininappeja. PREPERM® L300 -korkeataajuusmuoviset koelevyt liimattiin 10 mm paksuun teräslevyyn taipumisen estämiseksi. Liimana käytettiin Loctite 406 -syanoakrylaattia ja pohjusteena Loctite 770:ä. Rakenneakryyliiimalla liimatut napit puristettiin koelevyyn ruuvipuristimella.



Kuva 12. Irtivetokoesarja

## 7 Tutkimusmenetelmät

Testauksessa selvitettiin eri liimojen soveltuvuutta PREPERM® L300-korkeataajuusmuoville. Testimenetelminä käytettiin vetolujuus-, leikkauslujuus- ja irtivetokokeita sekä mitattiin kappaleiden iskulujuutta. Liimoille tehtiin myös jäädytysrasitustesti ja terminen sykli, jonka jälkeen kappaleista mitattiin veto- ja leikkauslujuus. Lisäksi tutkittiin liimojen vaikutusta RF-läpäisykykyyn. Kokeet tehtiin vetokoesauvoilla ja koelevyillä.

## 7.1 Veto- ja leikkauslujuuskoe

Lujuuskokeet suoritettiin Matertest Oy:n Fmt-Mec 225 kN -yleisaineenkoestuslaitteella. Vetokoesauvoille tehtiin viisi mittausta ja leikkauslujuuskoelevyille kolme mittausta. Kokeet suoritettiin 20 °C:n lämpötilassa ja nopeudella 1,2 mm/min. Koekappaleista arvioitiin myös murtumatyyppi: adhesiivinen (AM) koheesio (KM) tai substraattimurtuma (SM).

Vetolujuus on kappaleen kyky vastustaa vastakkaisiin suuntiin vetävää voimaa. Vetomurtolujuus saadaan jakamalla maksimivoima (F) poikkipinta-alalla (A) ja tulokset ilmoitetaan yksikössä N/mm<sup>2</sup>.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Leikkauslujuus on materiaalin kyky vastustaa liukuvia voimia. Leikkauslujuus on leikkausvoima (Q) jaettuna leikkautuvalla pinta-alalla (A).

$$\tau = \frac{Q}{A}$$

## 7.2 Irtivetokoe

Irtivetokoe suoritettiin Elcometer 110 PATTI (Pneumatic Adhesion Tester) -vetokoelaitteella, standardin SFS – EN ISO 4624 (Maalit ja lakat. Tarttuvuuden arviointi irtivetokoeella) mukaisesti.

Irtivetokokeessa mitattiin murtolujuus (MPa) ja murtumatyyppi arvioitiin silmämääräisesti. Murtumatyyppi arvioitiin seuraavasti:

A	Alustan koheesiomurtuma
A/B	Adheesiomurtuma alustan ja ensimmäisen pinnoitekerroksen välillä
Y	Liiman koheesiomurtuma
Y/Z	Adheesiomurtuma liiman ja vetokappaleen välillä.

Murtumapinta-ala arvioidaan murtumatyypeittäin prosentteina lähimpään 10 %:iin.

### 7.3 Lämpötilan vaihtelu

Liimoista testattiin myös niiden lämpötilan vaihtelun kestävyyttä. Testi suoritettiin Angelantoni Discovery -olosuhdekaapissa (Kuva 13). Koekappaleet altistettiin lämpötilanvaihtelulle, joka oli 0—80 °C:sta ja sykli toistettiin 20 kertaa. Koekappaleina oli vetokoesauvoja ja leikkauslujuuskoelevyjä. Termisen rasituksen jälkeen koekappaleille mitattiin veto- ja leikkauslujuusarvot vetokokeessa.



Kuva 13. Angelantoni discovery -olosuhdetestauskaappi

## 7.4 Jäädytys

Jäädytystestissä liimatut koesauvat upotettiin veteen viikoksi (Kuva 14), jonka jälkeen koesauvat jäähdytettiin  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ :seen Angelantoni Discovery -olosuhdekaapissa. Jäähdyttämisen jälkeen koesauvojen annettiin lämmitä huoneenlämpöisiksi. Tämä toistettiin viisi kertaa, minkä jälkeen huoneenlämpöiset koesauvat vedettiin poikki yleisaineenkoestuslaitteella. Yksi koesarja liimalle oli kolme vetokoesauvaa. Kappaleista mitattiin vetolujuusarvot.



Kuva 14. Koesauvat vesiupotuksessa

## 7.5 Iskulujuus

Iskulujuustestissä mitataan kappaleen murtumiseen tarvittavaa energiaa. Iskulujuustestissä heiluri iskeytyy koekappaleeseen murtaen sen. Tutkittava materiaali absorboi iskun tuottamaa energiaa. Mitä enemmän materiaali pystyy absorboimaan energiaa, sitä kestävämpi materiaali on. Lämpötilalla on vaikutusta materiaalin iskunkestävyyteen. Alhaisilla lämpötiloilla materiaalin kestävyys on heikompi kuin huoneenlämpöisillä.

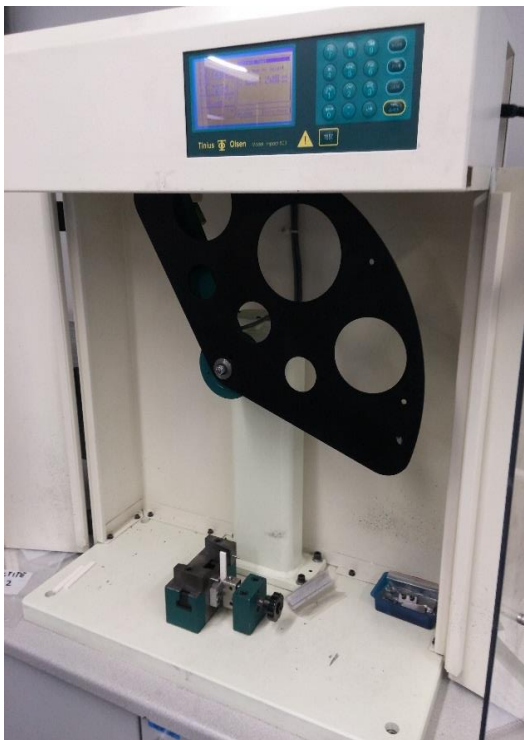
Tässä työssä iskulujuustestinä käytettiin Izod-menetelmää (Kuva 15). Izod-menetelmässä koekappale asetetaan pystyyn. Koekappale tulee olla Izod-menetelmässä aina lovettu. Koekappaleina käytettiin koesauvoja, jotka oli katkaistu keskeltä kahtia ja liimattu yhteen. Isku kohdistettiin koesauvan liimasaumaan. Iskulujuus  $K$  lasketaan absorboidun energian ja kappaleen poikkipinta-alan suhteena ja tulokset ilmoitetaan  $\text{kJ/m}^2$ .

$$\frac{E}{(bh)} * 10^3$$

$E$  = iskuenergia (J)

$b$  = kappaleen leveys loven kohdalta (mm)

$h$  = kappaleen paksuus (mm)



Kuva 15. Izod-iskukoelaitteisto



## 7.6 RF-läpäisykyky

Liimatuista koekappaleista mitattiin suhteellinen permittiivisyys ja dielektrinen häviö. Tällä kokeella haluttiin selvittää liiman vaikutusta suhteelliseen permittiivisyyteen ja dielektriseen häviöön. Mittaamiseen käytettiin Agilent E4991A RF-impedanssi- ja materiaalianalyysiaattoria. Mittaus perustuu kapasitanssin ja johtavuuden mittaamiseen. Mittaukset tehtiin 1 GHz:n taajuudella. Koekappaleet olivat koelevyjä (Kuva 16), jotka oli liimattu yhteen 1 mm paksuisten levyjen kohdalta. Mittaukset suoritettiin jokaiselle liimalle. Jokaisesta liimasta otettiin kolme mittausta ja ennen mittausta koelevyistä mitattiin paksuus mikrometrillä 0,001 mm:n tarkkuudella.



Kuva 16. Yhteen liimattu koekappale

## 7.7 Liimojen levitettävyys

Koekappaleiden liimaamisen yhteydessä arvioitiin liimojen ja teipin levitettävyyttä/käytettävyyttä.

## 8 Tulokset

### 8.1 Veto- ja leikkauslujuudet

Taulukoissa 1—4 on esitetty vetokokeiden tulokset. Liimoista Loctite 3038, DP-8005 ja VHB-4932 ei ole vetokoesauvojen tuloksia, koska niiden liimaaminen ei onnistunut luotettavien tuloksien saamiseksi. Vetokokeiden vetolujuus- ja leikkauslujuuskäyrät on esitetty liitteissä 8 ja 9.

Taulukko 1. PREPERM L300 -korkeataajuusmuovisten vetokoesauvojen päittäisliitosten vetomurtolujuusarvot. Kohdissa, joissa ei ole vetolujuutta, vetokoe ei onnistunut.

Liima	Vetokoesauvat					ka. (N/mm <sup>2</sup> )
	1	2	3	4	5	
Loctite 406	–	–	32,450	32,250	31,975	32,225
Loctite 4902	24,400	19,400	19,500	1,875	25,675	18,170
Loctite 4090	17,250	24,800	20,575	19,875	21,725	20,845

Taulukko 2. Leikkauslujuusarvot. PREPERM® L300 -korkeataajuusmuovipuoliskot liimattuna yhteen. Kohdissa joissa ei ole vetolujuutta, vetokoe ei onnistunut. AM on adhesiivinenmurtuma ja KM on koheesiomurtuma.

Liima/Murtumatyyppi	Vetokoelevyt (PREPERM L300)			
	1	2	3	ka. (N/mm <sup>2</sup> )
Loctite 406	<b>3,787</b>	<b>3,798</b>	<b>3,456</b>	<b>3,680</b>
Murtumatyyppi	<b>AM</b>	<b>AM</b>	<b>AM</b>	
Loctite 4902	<b>2,274</b>	<b>2,211</b>	<b>2,337</b>	<b>2,274</b>
Murtumatyyppi	<b>AM</b>	<b>AM</b>	<b>AM</b>	
Loctite 4090	<b>2,338</b>	<b>2,741</b>	<b>2,730</b>	<b>2,603</b>
Murtumatyyppi	<b>AM</b>	<b>AM</b>	<b>AM</b>	
Loctite 3038	<b>1,328</b>	<b>1,527</b>	–	<b>1,4275</b>
Murtumatyyppi	<b>AM</b>	<b>AM</b>	–	
VHB-4932	<b>0,679</b>	<b>0,760</b>	<b>0,787</b>	<b>0,742</b>
Murtumatyyppi	<b>KM</b>	<b>KM</b>	<b>KM</b>	
DP-8005	<b>2,125</b>	<b>2,726</b>	<b>2,289</b>	<b>2,380</b>
Murtumatyyppi	<b>AM</b>	<b>AM</b>	<b>AM</b>	

Taulukko 3. Leikkauslujuusarvot. PREPERM® L300 -korkeataajuusmuovi liimattuna ruostumattomaan teräkseen. AM on adhesiivinenmurtuma, KM on koheesiomurtuma ja SM on substraattimurtuma.

Liima/Murtumatyyppi	Vetokoelevyt (PREPERM L300 / RST			
	1	2	3	ka. (N/mm <sup>2</sup> )
Loctite 406	<b>4,067</b>	<b>4,033</b>	<b>3,673</b>	<b>3,924</b>
Murtumatyyppi	<b>SM</b>	<b>SM</b>	<b>SM</b>	
Loctite 4902	<b>4,000</b>	<b>3,862</b>	<b>4,194</b>	<b>4,019</b>
Murtumatyyppi	<b>AM</b>	<b>AM</b>	<b>SM</b>	
Loctite 4090	<b>4,135</b>	<b>4,154</b>	<b>4,028</b>	<b>4,106</b>
Murtumatyyppi	<b>SM</b>	<b>SM</b>	<b>SM</b>	
Loctite 3038	<b>3,470</b>	<b>3,468</b>	<b>1,738</b>	<b>2,892</b>
Murtumatyyppi	<b>AM</b>	<b>AM</b>	<b>AM</b>	
VHB-4932	<b>0,062</b>	<b>0,064</b>	<b>0,071</b>	<b>0,066</b>
Murtumatyyppi	<b>KM</b>	<b>KM</b>	<b>KM</b>	
DP-8005	<b>3,628</b>	<b>3,989</b>	<b>3,812</b>	<b>3,810</b>
Murtumatyyppi	<b>AM</b>	<b>AM</b>	<b>AM</b>	

Taulukko 4. Leikkauslujuusarvot. PREPERM® L300 -korkeataajuusmuovi liimattuna alumiiniin.  
AM on adhesiivinenmurtuma, KM on koheesiomurtuma ja SM on substraattimurtuma.

Liima/Murtumatyyppi	Vetokoelevyt (PREPERM L300 / Alumiini)			
	1	2	3	ka. (N/mm <sup>2</sup> )
Loctite 406	<b>2,801</b>	<b>4,012</b>	<b>4,012</b>	<b>3,608</b>
Murtumatyyppi	<b>AM</b>	<b>SM</b>	<b>SM</b>	
Loctite 4902	<b>4,190</b>	<b>3,493</b>	<b>3,669</b>	<b>3,784</b>
Murtumatyyppi	<b>SM</b>	<b>SM</b>	<b>AM</b>	
Loctite 4090	<b>4,217</b>	<b>3,373</b>	<b>4,132</b>	<b>3,907</b>
Murtumatyyppi	<b>SM</b>	<b>SM</b>	<b>SM</b>	
Loctite 3038	<b>2,236</b>	<b>2,921</b>	<b>2,363</b>	<b>2,507</b>
Murtumatyyppi	<b>AM</b>	<b>AM</b>	<b>AM</b>	
VHB-4932	<b>0,038</b>	<b>0,071</b>	<b>0,076</b>	<b>0,062</b>
Murtumatyyppi	<b>KM</b>	<b>KM</b>	<b>KM</b>	
DP-8005	<b>2,264</b>	<b>3,655</b>	<b>2,586</b>	<b>2,835</b>
Murtumatyyppi	<b>AM</b>	<b>AM</b>	<b>AM</b>	

## 8.2 Irtivetokoe

Irtivetokokeiden tulokset on esitetty taulukossa 5. Tuloksissa on esitetty murtolujuudet (MPa) ja murtumatyyppi. Loctite 3038:n osalta tuloksia ei saatu, koska napit eivät tarttuneet PREPERM® -korkeataajuusmuoviin. Koenappeja liimattiin alustaan useita kertoja liimantoimittajan ohjeiden mukaisesti. Liiman kuivumisen jälkeen napit irtosivat alustasta kevyesti vetämällä. Koenappeja tarkastellessa liima oli tarttunut metalliin, mutta ei alustaan. Liima oli kovettumisen jälkeen pehmeää ja eikä se ollut kovettunut.

Taulukko 5. Irtivetokokeen murtolujuudet ja murtumatyyppi

Liima ja lieriömateriaali	Murtolujuus (Mpa) ja murtumatyyppi			
	1	2	3	ka. (MPa)
Loctite 4902 (Teräs)	5,67	5,97	5,22	5,62
Murtumatyyppi	Y / Z 90 %, A / Y 10 %	A / B 80 %, Y 20 %	A / B 100 %	
Alumiini	1,9	2,89	4,34	3,04
Murtumatyyppi	Y / Z 100%	Y / Z 100%	Y / Z 100%	
Loctite 406 (Teräs)	3,75	4,34	7,94	5,34
Murtumatyyppi	Y / Z 80 %, A / Y 20 %	A / B 70 %, Y 30 %	Y / Z 20 %, A / B 80 %	
Alumiini	2,04	1,48	4,19	2,57
Murtumatyyppi	Y / Z 100%	Y / Z 100%	Y / Z 100%	
Loctite 4090 (Teräs)	7,18	8,56	5,22	6,99
Murtumatyyppi	A / B 100 %	A / B 90 %, Y / Z 10 %	A / B 70 %, Y / Z 30 %	
Alumiini	4,63	5,52	6,87	5,67
Murtumatyyppi	A / B 30 %, Y / Z 70 %	A / B 60 %, Y / Z 40 %	A / B 30 %, Y / Z 70 %	
Loctite 3038 (Teräs)	-	-	-	-
Murtumatyyppi	-	-	-	-
Alumiini	-	-	-	-
Murtumatyyppi	-	-	-	-
VHB-4932 (Teräs)	1,90	2,18	1,90	1,99
Murtumatyyppi	Y 100 %	Y 100 %	Y 100 %	
Alumiini	2,32	2,47	2,18	2,32
Murtumatyyppi	Y 100 %	Y 100 %	Y 100 %	
DP-8005 (Teräs)	2,89	4,63	2,89	3,47
Murtumatyyppi	A / B 70 %, Y / Z 30 %	A / B 20 %, Y / Z 80 %	A / B 20 %, Y / Z 80 %	
Alumiini	3,76	3,61	3,76	3,71
Murtumatyyppi	A / B 20 %, Y / Z 80 %	A / B 40 %, Y / Z 60 %	A / B 40 %, Y / Z 60 %	

### 8.3 Lämpötilavaihteluiden kestävyys

Lämpötilan vaihteluiden vaikutukset liimaliitoksen lujuuteen on esitetty taulukoissa 6 ja 7. Tuloksissa on esitetty vetolujuudet (N/mm<sup>2</sup>) ja leikkauslujuudet (N/mm<sup>2</sup>). Liimoista Loctite 3038, DP-8005 ja VHB-4932 ei ole vetokoesauvojen päittäisliitosten tuloksia, koska niiden liimaaminen ei onnistunut luotettavien tuloksien saamiseksi. Kokeiden veto- ja leikkauslujuuskäyrät on esitetty liitteissä 11 ja 12.

Taulukko 6. Vetomurtolujuus

Liima	Vetokoesauvojen vetomurtolujuudet			
	1	2	3	ka. (N/mm <sup>2</sup> )
Loctite 406	15,4	33,175	33,925	27,500
Loctite 4902	22,500	15,600	24,600	20,900
Loctite 4090	35,275	2,225	22,875	20,125

Taulukko 7. Leikkausmurtolujuudet. AM on adhesiivinenmurtuma ja KM on koheesiomurtuma.

Liima/Murtumatyyppi	Vetokoelevyjen leikkausmurtolujuudet			
	1	2	3	ka. (N/mm <sup>2</sup> )
Loctite 406	2,664	3,720	3,519	3,301
Murtumatyyppi	AM	AM	AM	
Loctite 4902	2,699	2,996	2,986	2,894
Murtumatyyppi	AM	AM	AM	
Loctite 4090	1,764	1,904	2,102	1,923
Murtumatyyppi	AM	KM	AM	
Loctite 3038	1,217	–	0,075	0,646
Murtumatyyppi	AM	–	AM	
VHB-4932	0,072	0,070	0,064	0,069
Murtumatyyppi	KM	KM	KM	
DP-8005	3,469	1,944	2,220	2,544
Murtumatyyppi	AM	AM	AM	

#### 8.4 Jäätymisen vaikutus lujuuteen

Jäädystestien tulokset on esitetty taulukossa 8. Tuloksissa on esitetty vetokoesauvojen vetolujuudet ( $\text{N/mm}^2$ ). Liimoista Loctite 3038, DP-8005 ja VHB-4932 ei ole päittäisliitettyjen vetokoesauvojen tuloksia, koska niiden liimaaminen ei onnistunut luotettavien tuloksien saamiseksi. Liitteessä 10 on esitetty vetolujuuskäyrät.

Taulukko 8. Vetomurtolujuudet jäädystyksen jälkeen. Kohdat, joissa ei ole vetomurtolujuutta, vetokoe ei onnistunut.

Liima	Vetokoesauvojen vetomurtolujuudet			
	1	2	3	ka. ( $\text{N/mm}^2$ )
Loctite 406	25,750	30,200	31,300	29,083
Loctite 4902	17,757	–	20,725	19,241
Loctite 4090	0,350	0,125	17,950	6,142

#### 8.5 Iskulujuus

Iskulujuustestien tulokset on esitetty taulukossa 9. Liimoista Loctite 3038, DP-8005 ja VHB-4932 ei ole iskukoetuloksia, koska niiden liimaaminen ei onnistunut luotettavien tuloksien saamiseksi. Tulokset ovat ilmoitettu  $\text{kJ/m}^2$ .

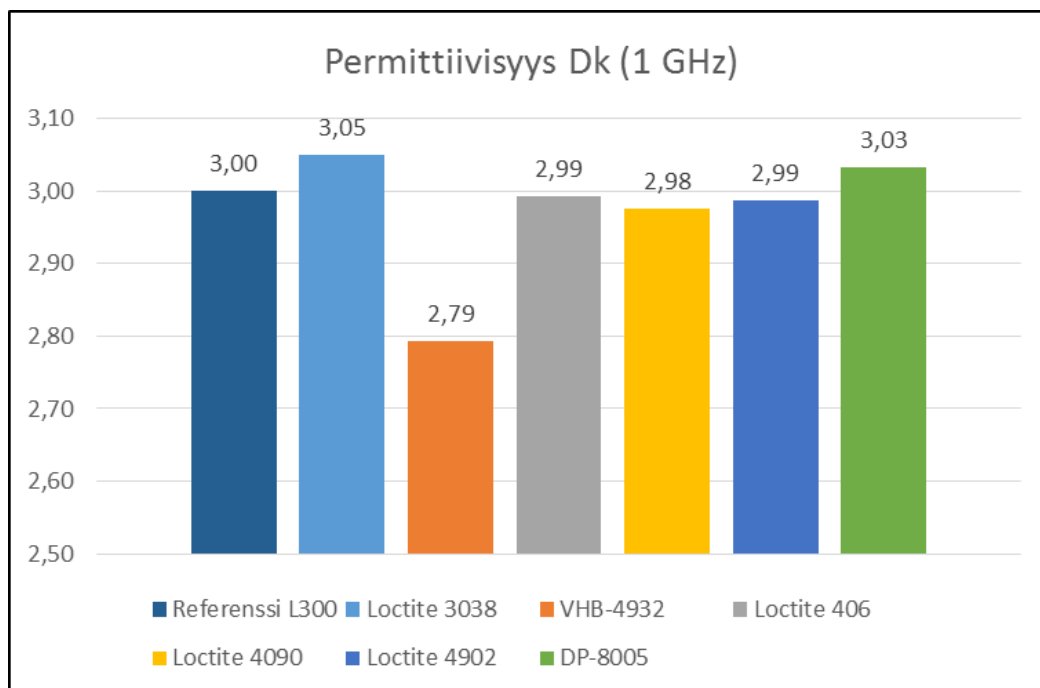


Taulukko 9. Iskutilkeys, kJ/m<sup>2</sup>

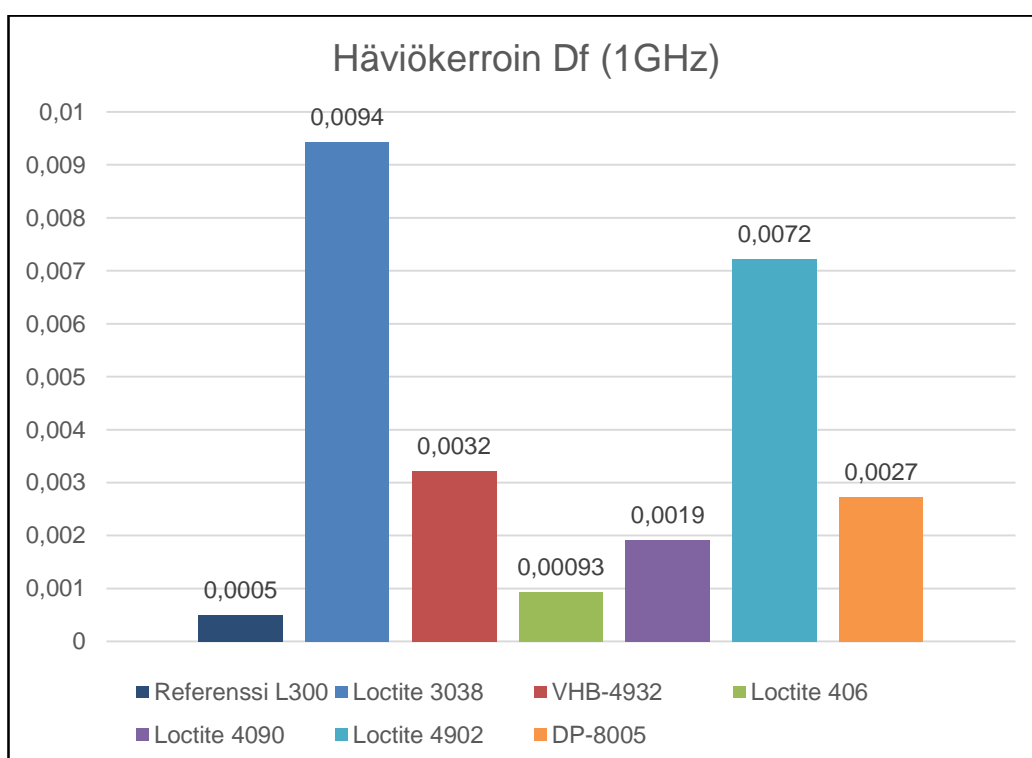
Liima / Kappaleen lämpötila	Vetokoesauvojen iskutilkeys (NB tarkoittaa, että sauva ei mene poikki lovettomana)			
	1	2	3	ka. (kJ/m <sup>2</sup> )
Referenssi L300	–	–	–	<b>NB</b>
Alhainen lämpötila (-20 °C)	–	–	–	<b>NB</b>
Loctite 4902 (huoneenlämpö)	<b>2,60</b>	<b>2,60</b>	<b>1,71</b>	<b>2,30</b>
Alhainen lämpötila (-23,5 °C)	<b>5,74</b>	<b>1,89</b>	<b>2,03</b>	<b>3,22</b>
Loctite 406 (huoneenlämpö)	<b>11,66</b>	<b>6,59</b>	<b>6,81</b>	<b>8,35</b>
Alhainen lämpötila (-23,5 °C)	<b>7,57</b>	<b>5,35</b>	<b>6,46</b>	<b>6,46</b>
Loctite 4090 (huoneenlämpö)	<b>6,10</b>	<b>3,12</b>	<b>1,94</b>	<b>3,72</b>
Alhainen lämpötila (-23,5 °C)	<b>5,89</b>	<b>2,34</b>	<b>8,27</b>	<b>5,50</b>

## 8.6 RF-läpäisykyky

Liimojen vaikutus permittiivisyyteen ja häviökertoimeen on esitetty kuvassa 17 ja 18. Mittaukset tehtiin kaikille liimoille taajuudella 1 GHz. Referenssinä käytettiin PREPERM® L 300 -korkeataajuusmuovin teknisistä tiedoista saatuja arvoja. Liitteessä 13 on esitetty jokaisen mittauspisteen arvot permittiivisyyden ja häviökertoimien osalta.



Kuva 17. Liimojen ja referenssin permittiivisyys taajudella 1GHz



Kuva 18. Liimojen ja referenssin häviökertoimet taajuudella 1 GHz

## 8.7 Liimojen levitettävyyys

Liimojen levitettävyyttä arvioitiin testikappaleiden liimaamisen aikana. Helpoiten käsiteltävissä olevat liimat olivat matalan viskositeetin syanoakrylaatit Loctite 406 ja Loctite 4902. Liimaa oli helppo annostella suoraan pullostasta, kun käytettiin annostelunokkaa, jolla pystyttiin säätelemään liiman annostusta. Vaahtoakryyliteipin VHB-4932 käyttäminen oli myös helppoa. Loctite 3038 ja DP-8005 olivat korkean viskositeetin liimoja, ja niiden annostelu tapahtui käsikäyttöisellä annostelulaitteella. Liima oli paksua ja sen levittäminen oli vaikeaa. Liimat vaativat myös puristuksen kuivuessaan ja tämä on huomioitava liimausprosessissa.

## 9 Tulosten tarkastelu

### 9.1 Lujuus

Vetokokeiden perusteella paras tartunta PREPERM® L300 -korkeataajuusmuoviin oli Loctite 406 -liimalla. Sillä saatiin suurimmat arvot vetolujuudessa sekä leikkauslujuudessa. Heikoimmat lujuusarvot tulivat VHB-4932-akryylivaahoteipille. Loctite 3038-liiman lujuusarvot olivat kelvollisia metallia liimattaessa, mutta muovia liimattaessa lujuusarvot eivät olleet kelvollisia. Lujuusarvot olivat noin 50 % pienempiä muovi-muoviliitoksessa kuin metalli-muoviliitoksessa. Tämä voi selittyä metallin karheushuippujen pureutumisella liiman läpi muovipintaan.

Ruostumatonta terästä ja PREPERM® L300 -korkeataajuusmuovia liimattaessa leikkauslujuusarvot kasvoivat kaikilla liimoilla paitsi VHB-4932-akryylivaahoteipillä. Lujuuden kasvu todennäköisesti johtui siitä, että metallia oli karhennettu hiomapaperilla P 600, jolloin metallin karheushuiput läpäisevät liimakerroksen ja pureutuvat muovipintaan. Myös murtumatyyppi Loctite 4090:n ja Loctite 406:n kohdalla tukee teoriaa paremmasta tarttuvuudesta, koska vedoissa on tapahtunut muovin substraattimurtuma (SM). VHB-4932 teipin leikkauslujuuskäyrissä maksimilujuuden jälkeen tulee ensi lujuuden lasku, jonka jälkeen lujuus alkaa kasvamaan uudestaan. Tämä johtuu siitä, että teippi alkaa rullautumaan koelevyjen välissä. Rullautuminen kasvattaa liitoksen lujuutta.

Alumiinia ja PREPERM® L300 -korkeataajuusmuovia liimattaessa lujuusarvot kasvoivat kaikilla liimoilla verrattuna muovi-muoviliitoksiin paitsi VHB-4932-akryylivaah toteipillä. Lujuuden kasvu johtuu myös tässä tapauksessa metallin karhentamisesta.

## 9.2 Murtolujuudet ja murtumatyypit irtivetokokeessa

Irtivetokokeissa suurimmat murtolujuudet olivat Loctite 4090-liimalla. Heikoimmin liimoista menestyi VHB-4932-akryylivaah toteippi. Liimojen osalta ei kirjallisuudesta löytenyt tietoa tartuntalujuuksista. Yleisesti epoksimaalien murtolujuus karhennetussa metallissa on vähintään 5 MPa.

Yleisin murtumatyyppi alumiinia liimattaessa oli adheesiomurtuma liiman ja vetokappaleen välillä. Teräksen kohdalla yleisin murtumatyyppi oli adheesiomurtuma alustan ja liiman välistä. VHB-4932-akryylivaah toteipin murtumatyyppi oli alumiinin ja ruostumattoman teräksen kohdalla koheesiomurtuma. Paras tartunta syanoakrylaattiliimoilla oli teräkseen. Akryylivaah toteipillä ja rakenneakryyliiliimalla oli suuremmat murtolujuudet alumiinia liimattaessa.

## 9.3 Lämpötilan vaihteluiden vaikutus

Lämpötilan vaihtelut olivat huonontaneet ainoastaan Loctite 406 -liiman vetomurtolujuutta. Leikkauslujuuden laskua oli tapahtunut Loctite 406, Loctite 4090, Loctite 3038 ja VHB-4932 -tuotteissa. Suurin leikkausmurtolujuuden lasku oli tapahtunut VHB-4932-akryylivaah toteipillä, joka oli 90 %. Loctite 406 -liiman lujuus oli laskenut 10 % ja Loctite 4090 lujuus oli laskenut 26 %. Loctite 3038 -liiman leikkausmurtolujuus oli laskenut 55 %.

Loctite 3038 -liima oli pehmennyt ja muuttunut joustavaksi. Tämä on todennäköisesti johtunut useista lämpösykleistä, joita liiman kohdistui testin aikana. Muissa liimoissa ei ollut tapahtunut juurikaan muutoksia.

#### 9.4 Jäätymisen vaikutus

Jäädystestissä vetolujuuden laskua oli tapahtunut Loctite 4090 -liimassa. Liiman lujuus oli laskenut 70,5 %. Odotettavissa oli, että syanoakrylaattiliimat eivät menestyisi tässä testissä, koska syanoakrylaattien ei pitäisi kestää suurta kosteuden määrää. Viikon upotusaika oli mahdollisesti liian lyhyt, että kosteus olisi vaikuttanut liimoihin heikentävästi. Loctite 4090:n heikkeneminen saattaa johtua liiman jäätymisestä. Muihin liimoihin jäädyttämisellä ei ollut suurta vaikutusta.

#### 9.5 Iskusitkeys

Loctite 406-liimalla oli suurimmat iskusitkeydet. Testien tuloksissa oli melko suurta hajontaa. Kolmella testikappaleella saadut tulokset eivät välttämättä kerro oikeaa tulosta liiman iskulujuudesta suuren hajonnan takia.

#### 9.6 RF-läpäisykyky

RF-mittauksissa saadut tulokset poikkeavat hieman toisistaan. Loctite 3038:n permittiivisyys ja dielektrinen häviökerroin olivat suurimmat. Tämä saattaa johtua siitä, että liima sisältää pieniä lasikuulia, jotka häiritsevät signaalien kulkua. Loctite 406 oli paras liima näiden tulosten valossa. Sitä pystytään levittämään ohut kerros, ja sen takia se ei vaikuta mittaustuloksiin niin paljon. Raja-arvojen poikkeukset johtuvat mittaustarkkuudesta tai satunnaisesta vaihtelusta.

### 10 Johtopäätökset

Testien perusteella parhaat tulokset saatiin Loctite 406 -liimalla. Tämä oli myös odotettavissa, koska kyseinen liima on nimenomaan suunniteltu polyolefiinien liimaukseen. Loctite 4902 oli myös testien perusteella kelvollinen liima. Taulukossa 10 on yhteenveto liimojen ja teipin soveltuvuudesta PREPERM L300 -korkeataajuusmuovin liimaukseen.

Taulukko 10. Liimojen vertailutaulukko

Liima	Vetolujuus	Leikkauslujuus	Jäädytys	Irtivetokoe	RF-läpäisy	Iskulujuus	Lämpötilan vaihtelun kestävyys	Käytettävyys
Loctite 406	+	+	-	+	+	+	+	+
Loctite 4902	+	+	+	+	-	-	+	+
Loctite 4090	+	+	+	+	+	-	+	+
Loctite 3038	E	-	E	E	-	E	-	-
VHB-4932	E	-	E	-	+	E	-	+
DP-8005	E	+	E	+	-	E	+	+
Selitteet: E ei kokeessa, - Ei hyväksytty, + Hyväksytty								

Tämä insinöörityö oli ensimmäinen selvitys PREPERM L300 -korkeataajuusmuovin liimauksesta. Tämän insinöörityön pohjalta voitaisiin suorittaa jatkotutkimuksia PREPERM L300 -korkeataajuusmuoville, tartuntaa parantavista tekniikoista, joilla liiman tarttumista voidaan vielä parantaa.

## Lähteet

- 1 John Comryn: Adhesion science, The Royal Society of Chemistry 1997
- 2 Polymeerimateriaalit elektroniikkatuotteissa osa 3
- 3 Sina Ebnesajjad: Adhesives technology handbook 2nd edition, William Andrew Inc. 2008
- 4 Bob Goss: Practical guide to adhesive bonding of small engineering plastic and rubber parts, 2010 Smithers Rapra
- 5 Dave J. Dunn: Engineering and Structural adhesives, Smithers Rapra 2004
- 6 [Adhesives for the assembly of hard-to bond plastics](#), verkkojulkaisu luettu 16.11.2015
- 7 Super Glue: The Superman of the Adhesive World, Martin Antensteiner Verkkojulkaisu, luettu 16.11.2015
- 8 The Loctite®: Design Guide for Bonding Plastic, Volume 6
- 9 Innovations in Bonding to Low Surface Energy Surfaces. Verkkodokumentti  
<http://multimedia.3m.com/mws/media/755526O/innovations-in-bonding-to-low-surface-energy-white-paper.pdf> Luettu 29.12.2015
- 10 Kai Laitinen: Materiaalioppi luentomateriaali, Komposiitit
- 11 Premix Oy. Verkkodokumentti  
<http://www.premixgroup.com/products/preperm-l300/> Luettu 8.2.2016
- 12 Plexus: Guide to Bonding Plastics. Verkkodokumentti  
<http://www.on-hand.com/Manuals/How%20to%20BondPlastics.pdf>
- 13 <http://www.arcotec.com/en/Corona.htm>

**PREPERM® L300**

## Tuoteseloste



TECHNICAL DATASHEET

1/2

**PREPERM® L300**

10-2012

*PREPERM® L300 is a special compound with elevated dielectric constants of 3.0.*

*PREPERM® L300 is based on Premix proprietary PPE technology. Extremely low dissipation factor (0.0005) makes PREPERM® L300 an excellent material for high frequency applications. PREPERM® L300 offers stable dielectric constant over wide frequency and wide temperature range. PREPERM® retains its physical properties at very low (-78°C) temperatures. PREPERM® L300 can be injection moulded or extruded.*

*Applications include structural parts for antennas in base stations, point to point, wlan, mobile phones etc. Devices made out of PREPERM® L300 can operate at very high frequencies as PREPERM® L300 offers stable performance even at 120 GHz.*

**Processing**

PREPERM® L300 compound can be processed in following processing conditions:

**Injection moulding:**

Material temperature	290 - 310°C
Mould temperature	80 - 140°C
Injection pressure	600 - 800 bar (8700 - 11600 psi)
Injection speed	moderate

**Extrusion temperature:**

Material temperature	260 - 280°C
Die temperature	260 - 300°C
Tool / roll temperature	60 - 180°C

These temperatures can be used for guidance purposes. Processing temperature is also dependent on the equipment used. The instructions of the equipment manufacturer should be followed.

Pre-drying in a dehumidifying drier is recommended e.g. 2 - 4 hours at 120 - 140°C. If a dehumidified drier is not available, we recommend increasing the drying temperature to 130 – 150 ° C and prolonging the drying time to 3 to 6 hours. If moisture level is too high, it can be seen in surface quality, but it does not cause polymer degradation.

For setting up the machine and purging, we recommend to use film grade GPPS.

**Packaging and Storage**

PREPERM® is supplied in granule form, packed in 20 kg polyethylene valve bags (1000 kg) on one-way pallet.

The product can be stored one year in normal storing conditions.





### Physical Properties

PREPERM®	ISO	Unit	L300
Specific gravity		g/cm <sup>3</sup>	1.21
Melt Flow Index	1133	g/10min	16
300°C / 5.0 kg			
Tensile strength	527	MPa	47
Yield strength	527	MPa	55
Elongation at break	527	%	30
Elongation at yield	527	%	10
Flexural modulus	178	MPa	2000
Impact strength, unnotched Izod	180		
4.0 mm (0.156-in) thickness, 23°C/73°F		kJ/m <sup>2</sup>	NB
4.0 mm (0.156-in) thickness, -20°C/-4°F		kJ/m <sup>2</sup>	NB
4.0 mm (0.156-in) thickness, -78°C/-108°F		kJ/m <sup>2</sup>	NB
Impact strength, notched Izod	180		
4.0 mm (0.156-in) thickness, 23°C/73°F		kJ/m <sup>2</sup>	NB
4.0 mm (0.156-in) thickness, -20°C/-4°F		kJ/m <sup>2</sup>	20
4.0 mm (0.156-in) thickness, -78°C/-108°F		kJ/m <sup>2</sup>	16
Vicat softening point	306/		
Rate A	A50	°C	193
Rate B	B50	°C	161
Deflection temperature	75/		
0.45 MPa (66 psi) – load	Method Bf	°C	176
1.8 MPa (264 psi) – load	Method Af	°C	155
Mould shrinkage	294-4	%	1.0
Dissipation factor (1 GHz)	RF analyzer		0.0005
Dielectric constant (1 GHz)	RF analyzer		3.0
Flammability (at 4 mm thickness)	UL94		V0

test specimen: 4.0 mm (0.156 in) thick, 10.0 mm (0.391 in) wide moulded rod

PREPERM® L300 is RoHS compliant.

The information in this data sheet represents typical values obtained by us and should not be regarded as a specification.

We condition that the product will be inspected and qualified by the customer for his process to meet the specific requirements set by application, processing equipment and end product.

## Loctite 406

### Tekniset tiedot



Technical Data Sheet

## LOCTITE® 406™

(TDS for new formulation of Loctite® 406™) February 2012

### PRODUCT DESCRIPTION

LOCTITE® 406™ provides the following product characteristics:

<b>Technology</b>	Cyanoacrylate
<b>Chemical Type</b>	Ethyl cyanoacrylate
<b>Appearance (uncured)</b>	Transparent, colorless to straw colored liquid. <sup>MS</sup>
<b>Components</b>	One part - requires no mixing
<b>Viscosity</b>	Low
<b>Cure</b>	Humidity
<b>Application</b>	Bonding
<b>Key Substrates</b>	Plastics and Rubbers

This Technical Data Sheet is valid for LOCTITE® 406™ manufactured from the dates outlined in the "Manufacturing Date Reference" section.

LOCTITE® 406™ is designed for bonding of plastics and elastomeric materials where very fast fixturing is required.

#### Commercial Item Description A-A-3097:

LOCTITE® 406™ has been qualified to Commercial Item Description A-A-3097. **Note:** This is a regional approval. Please contact your local Technical Service Center for more information and clarification.

### TYPICAL PROPERTIES OF UNCURED MATERIAL

Specific Gravity @ 25 °C	1.1
Viscosity, Cone & Plate, mPa·s (cP):	
Temperature: 25 °C, Shear Rate: 3,000 s <sup>-1</sup>	12 to 22 <sup>MS</sup>
Viscosity, Brookfield - LVF, 25 °C, mPa·s (cP):	
Spindle 1, speed 30 rpm	15 to 25
Flash Point - See SDS	

### TYPICAL CURING PERFORMANCE

Under normal conditions, the atmospheric moisture initiates the curing process. Although full functional strength is developed in a relatively short time, curing continues for at least 24 hours before full chemical/solvent resistance is developed.

#### Cure Speed vs. Substrate

The rate of cure will depend on the substrate used. The table below shows the fixture time achieved on different materials at 22 °C / 50 % relative humidity. This is defined as the time to develop a shear strength of 0.1 N/mm<sup>2</sup>.

Fixture Time, seconds:

Steel (degreased)	20 to 45
Aluminum (etched)	<5
Neoprene	<5
Rubber, nitrile	<5
ABS	<5
PVC	<5
Polycarbonate	10 to 20
Phenolic	<5

#### Cure Speed vs. Bond Gap

The rate of cure will depend on the bondline gap. Thin bond lines result in high cure speeds, increasing the bond gap will decrease the rate of cure.

#### Cure Speed vs. Humidity

The rate of cure will depend on the ambient relative humidity. The best results are achieved when the relative humidity in the working environment is 40% to 60% at 22°C. Lower humidity leads to slower cure. Higher humidity accelerates it, but may impair the final strength of the bond.

#### Cure Speed vs. Activator

Where cure speed is unacceptably long due to large gaps, applying activator to the surface will improve cure speed. However, this can reduce ultimate strength of the bond and therefore testing is recommended to confirm effect.

### TYPICAL PERFORMANCE OF CURED MATERIAL

#### Adhesive Properties

After 24 hours @ 22 °C

Lap Shear Strength, ISO 4587:	
Steel (grit blasted)	N/mm <sup>2</sup> 15.5 (psi) (2,250)
Aluminum (etched)	N/mm <sup>2</sup> 12 (psi) (1,740)
Zinc dichromate	N/mm <sup>2</sup> 14 (psi) (2,030)
ABS	* N/mm <sup>2</sup> 8.8 * (psi) (1,280)
PVC	* N/mm <sup>2</sup> 8.7 * (psi) (1,260)
Polycarbonate	* N/mm <sup>2</sup> 9.1 * (psi) (1,320)
Phenolic	* N/mm <sup>2</sup> 11.3 * (psi) (1,640)
Neoprene	* N/mm <sup>2</sup> 1 * (psi) (150)
Nitrile	* N/mm <sup>2</sup> 1.2 * (psi) 0



TDS LOCTITE® 406™, February 2012

**Block Shear Strength, ISO 13445:**

Polycarbonate	N/mm <sup>2</sup>	13.1
	(psi)	(1,900)
ABS	* N/mm <sup>2</sup>	23.7
	* (psi)	(3,440)
PVC	N/mm <sup>2</sup>	1.8
	(psi)	(260)
Phenolic	* N/mm <sup>2</sup>	13.8
	* (psi)	(2,000)

\* substrate failure

**Tensile Strength, ISO 6822:**

Buna-N	N/mm <sup>2</sup>	13
	(psi)	(1,890)

After 10 seconds @ 22 °C

**Tensile Strength, ISO 6822:**

Buna-N	N/mm <sup>2</sup>	≥8.9 <sup>MS</sup>
	(psi)	(≥1,000)

**TYPICAL ENVIRONMENTAL RESISTANCE**

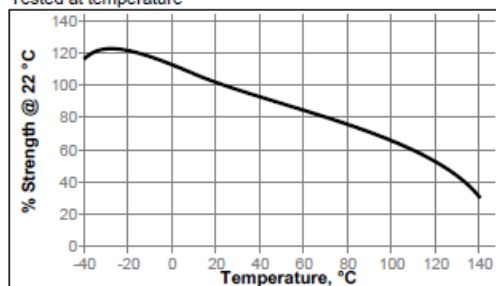
Cured for 1 week @ 22 °C

Lap Shear Strength, ISO 4587:

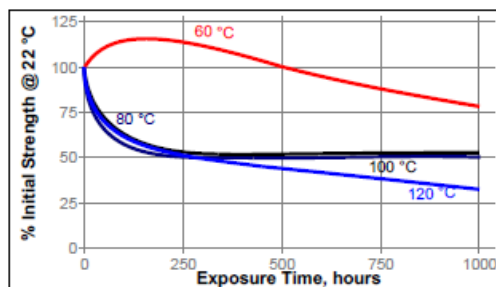
Mild Steel (grit blasted)

**Hot Strength**

Tested at temperature

**Heat Aging**

Aged at temperature indicated and tested @ 22 °C

**Chemical/Solvent Resistance**

Aged under conditions indicated and tested @ 22 °C.

Environment	°C	% of initial strength		
		100 h	500 h	1000 h
Motor oil	40	100	85	70
Gasoline	22	90	100	95
Water	22	55	70	70
Water/glycol	22	85	75	80
Ethanol	22	105	105	100
Isopropanol	22	120	110	120
98% RH	40	50	60	45

**Chemical/Solvent Resistance**

Aged under conditions indicated and tested @ 22 °C.

Lap Shear Strength, ISO 4587, Polycarbonate

Environment	°C	% of initial strength		
		100 h	500 h	1000 h
Air	22	100	100	105
98% RH	40	85	90	85

**GENERAL INFORMATION**

This product is not recommended for use in pure oxygen and/or oxygen rich systems and should not be selected as a sealant for chlorine or other strong oxidizing materials.

For safe handling information on this product, consult the Safety Data Sheet (SDS).

**Directions for use:**

1. Bond areas should be clean and free from grease. Clean all surfaces with a Loctite® cleaning solvent and allow to dry.
2. To improve bonding on low energy plastic surfaces, Loctite® Primer may be applied to the bond area. Avoid applying excess Primer. Allow the Primer to dry.
3. LOCTITE® Activator may be used if necessary. Apply it to one bond surface (do not apply activator to the primed surface where Primer is also used). Allow the Activator to dry.
4. Apply adhesive to one of the bond surfaces (do not apply the adhesive to the activated surface). Do not use items like tissue or a brush to spread the adhesive. Assemble the parts within a few seconds. The parts should be accurately located, as the short fixture time leaves little opportunity for adjustment.
5. LOCTITE® Activator can be used to cure fillets of product outside the bond area. Spray or drop the activator on the excess product.
6. Bonds should be held fixed or clamped until adhesive has fixtured.
7. Product should be allowed to develop full strength before subjecting to any service loads (typically 24 to 72 hours after assembly, depending on bond gap, materials and ambient conditions).

Henkel Americas  
+860.571.5100

Henkel Europe  
+49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific  
+86.21.2891.8859

For the most direct access to local sales and technical support visit: [www.henkel.com/industrial](http://www.henkel.com/industrial)

TDS LOCTITE® 406™, February 2012

**Loctite Material Specification<sup>LMS</sup>**

LMS dated December 22, 2011. Test reports for each batch are available for the indicated properties. LMS test reports include selected QC test parameters considered appropriate to specifications for customer use. Additionally, comprehensive controls are in place to assure product quality and consistency. Special customer specification requirements may be coordinated through Henkel Quality.

**Storage**

Store product in the unopened container in a dry location. Storage information may be indicated on the product container labeling.

**Optimal Storage: 2 °C to 8 °C. Storage below 2 °C or greater than 8 °C can adversely affect product properties.** Material removed from containers may be contaminated during use. Do not return product to the original container. Henkel Corporation cannot assume responsibility for product which has been contaminated or stored under conditions other than those previously indicated. If additional information is required, please contact your local Technical Service Center or Customer Service Representative.

**Conversions**

(°C x 1.8) + 32 = °F  
 kV/mm x 25.4 = V/mil  
 mm / 25.4 = inches  
 μm / 25.4 = mil  
 N x 0.225 = lb  
 N/mm x 5.71 = lb/in  
 N/mm² x 145 = psi  
 MPa x 145 = psi  
 N-m x 8.851 = lb-in  
 N-m x 0.738 = lb-ft  
 N-mm x 0.142 = oz-in  
 mPa-s = cP

**Manufacturing Date Reference**

This Technical Data Sheet is valid for LOCTITE® 406™ manufactured from the dates below:

<b>Made in:</b>	<b>First manufacturing date:</b>
EU	November 2011
China	Pending
India	Pending
U.S.A.	February 2012
Brazil	February 2013

The manufacturing date can be determined from the batch code on the pack. For assistance please contact your local Technical Service Center or Customer Service Representative.

**Note:**

The information provided in this Technical Data Sheet (TDS) including the recommendations for use and application of the product are based on our knowledge and experience of the product as at the date of this TDS. The product can have a variety of different applications as well as differing application and working conditions in your environment that are beyond our control. Henkel is, therefore, not liable for the suitability of our product for the production processes and conditions in respect of which you use them, as well as the intended applications and results. We strongly recommend that you carry out your own prior trials to confirm such suitability of our product.

Any liability in respect of the information in the Technical Data Sheet or any other written or oral recommendation(s) regarding the concerned product is excluded, except if otherwise explicitly agreed and except in relation to death or personal injury caused by our negligence and any liability under any applicable mandatory product liability law.

In case products are delivered by Henkel Belgium NV, Henkel Electronic Materials NV, Henkel Nederland BV, Henkel Technologies France SAS and Henkel France SA please additionally note the following:

In case Henkel would be nevertheless held liable, on whatever legal ground, Henkel's liability will in no event exceed the amount of the concerned delivery.

**In case products are delivered by Henkel Colombiana, S.A.S. the following disclaimer is applicable:**

The information provided in this Technical Data Sheet (TDS) including the recommendations for use and application of the product are based on our knowledge and experience of the product as at the date of this TDS. Henkel is, therefore, not liable for the suitability of our product for the production processes and conditions in respect of which you use them, as well as the intended applications and results. We strongly recommend that you carry out your own prior trials to confirm such suitability of our product.

Any liability in respect of the information in the Technical Data Sheet or any other written or oral recommendation(s) regarding the concerned product is excluded, except if otherwise explicitly agreed and except in relation to death or personal injury caused by our negligence and any liability under any applicable mandatory product liability law.

**In case products are delivered by Henkel Corporation, Resin Technology Group, Inc., or Henkel Canada Corporation, the following disclaimer is applicable:**

The data contained herein are furnished for information only and are believed to be reliable. We cannot assume responsibility for the results obtained by others over whose methods we have no control. It is the user's responsibility to determine suitability for the user's purpose of any production methods mentioned herein and to adopt such precautions as may be advisable for the protection of property and of persons against any hazards that may be involved in the handling and use thereof. In light of the foregoing, Henkel Corporation specifically disclaims all warranties expressed or implied, including warranties of merchantability or fitness for a particular purpose, arising from sale or use of Henkel Corporation's products. Henkel Corporation specifically disclaims any liability for consequential or incidental damages of any kind, including lost profits. The discussion herein of various processes or compositions is not to be interpreted as representation that they are free from domination of patents owned by others or as a license under any Henkel Corporation patents that may cover such processes or compositions. We recommend that each prospective user test his proposed application before repetitive use, using this data as a guide. This product may be covered by one or more United States or foreign patents or patent applications.

**Trademark usage**

Except as otherwise noted, all trademarks in this document are trademarks of Henkel Corporation in the U.S. and elsewhere. ® denotes a trademark registered in the U.S. Patent and Trademark Office.

Reference 1.5

Henkel Americas  
 +860.571.5100

Henkel Europe  
 +49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific  
 +86.21.2891.8859

**For the most direct access to local sales and technical support visit: [www.henkel.com/industrial](http://www.henkel.com/industrial)**

## Loctite 4902

### Tekniset tiedot



Technical Data Sheet

## LOCTITE<sup>®</sup> 4902<sup>™</sup>

August 2014

### PRODUCT DESCRIPTION

LOCTITE<sup>®</sup> 4902<sup>™</sup> provides the following product characteristics:

<b>Technology</b>	Cyanoacrylate
<b>Chemical Type</b>	Ethyl and octyl cyanoacrylate
<b>Appearance</b>	Clear colorless liquid <sup>MS</sup>
<b>Components</b>	One part - requires no mixing
<b>Viscosity</b>	Low
<b>Cure</b>	Humidity
<b>Application</b>	Assembly of disposable medical devices.
<b>Key Substrates</b>	Plastics, Rubbers and Metals

LOCTITE<sup>®</sup> 4902<sup>™</sup> is a highly flexible cyanoacrylate adhesive designed for the assembly of flexible medical devices. This product facilitates the use of dissimilar and opaque substrates while improving device performance. LOCTITE<sup>®</sup> 4902<sup>™</sup> offers significant performance enhancements compared to standard cyanoacrylates, including strength in flexing bond lines and resistance to leaks with excellent sealing capability. Known performance advantages of cyanoacrylates are maintained, including speed, ease of use and strength.

### ISO-10993

An ISO 10993 Test Protocol is an integral part of the Quality Program for LOCTITE<sup>®</sup> 4902<sup>™</sup>. LOCTITE<sup>®</sup> 4902<sup>™</sup> has been qualified to Henkel's ISO 10993 Protocol as a means to assist in the selection of products for use in the medical device industry. Certificates of Compliance are available on Henkel's website or through the Henkel Quality Department.

### TYPICAL PROPERTIES OF UNCURED MATERIAL

Specific Gravity @ 25 °C	1.03
Flash Point - See SDS	
Viscosity, Cone & Plate, mPa·s (cP): Temperature: 25 °C, Shear Rate: 100 s <sup>-1</sup>	150 to 250 <sup>MS</sup>

### TYPICAL CURING PERFORMANCE

#### Cure Speed vs. Substrate

The rate of cure will depend on the substrate used. The time to develop a shear strength of 0.1 N/mm<sup>2</sup> on different materials at 22 °C and 50% relative humidity

#### Fixture Time, seconds:

Aluminium	≤20 <sup>MS</sup>
ABS	<5 to 10
Acrylic	30 to 45
Neoprene	120 to 210
Nitrile	20 to 45
Polycarbonate	5 to 10
PVC	15 to 45
Steel	10 to 30

#### Cure Speed vs. Bond Gap

The rate of cure will depend on the bondline gap. Thin bond lines result in high cure speeds, increasing the bond gap will decrease the rate of cure.

#### Cure Speed vs. Humidity

The rate of cure will depend on the ambient relative humidity. Higher relative humidity levels result in more rapid speed of cure.

#### Cure Speed vs. Activator

Where cure speed is unacceptably long due to large gaps, applying activator to the surface may improve cure speed. However, this can reduce ultimate strength of the bond and therefore testing is recommended to confirm effect.

### TYPICAL PROPERTIES OF CURED MATERIAL

Cured for 7 days @ 22 °C

#### Physical Properties:

Coefficient of Thermal Expansion, ISO 11359-2, K <sup>-1</sup> :	
Below Tg	110×10 <sup>-6</sup>
Above Tg	425×10 <sup>-6</sup>
Glass Transition Temperature ISO 11359-2, °C	50
Shore Hardness, ISO 868, Shore A	65
Tensile Modulus	N/mm <sup>2</sup> 400 (psi) (57,900)

#### Electrical Properties:

Surface Resistivity, IEC 60093, ohms	145×10 <sup>15</sup>
Volume Resistivity, IEC 60093, ohm-cm	11×10 <sup>15</sup>
Dielectric Breakdown Strength, IEC 60243-1, kV/mm	32
Dielectric Constant / Dissipation Factor, IEC 60250:	
@ 1 KHz	3.34/0.04
@ 1 MHz	2.88/0.04
@ 10 MHz	2.76/0.04



TDS LOCTITE® 4902™, August 2014

**TYPICAL PERFORMANCE OF CURED MATERIAL****Adhesive Properties**

Cured for 24 hours @ 22 °C / 50% RH

Lap Shear Strength, ISO 4587:

Grit Blasted Mild Steel (GBMS)

N/mm <sup>2</sup>	≥10.3 <sup>LM5</sup>
(psi)	(≥1,495)

Cured for 72 hours @ 22 °C / 50% RH

Tensile Strength, ISO 6922:

Buna-N

N/mm <sup>2</sup>	16
(psi)	(2,250)

Lap Shear Strength, ISO 4587:

Grit Blasted Mild Steel (GBMS)

N/mm <sup>2</sup>	12
(psi)	(1,745)

Aluminum (etched)

N/mm <sup>2</sup>	14
(psi)	(2,000)

Nitrile

N/mm <sup>2</sup>	0.4
(psi)	(65)

Neoprene

N/mm <sup>2</sup>	0.6
(psi)	(83)

ABS

* N/mm <sup>2</sup>	8
* (psi)	(1,160)

PMMA

* N/mm <sup>2</sup>	4.3
* (psi)	(625)

Polycarbonate

N/mm <sup>2</sup>	7.9
(psi)	(1,150)

PVC

* N/mm <sup>2</sup>	5.8
* (psi)	(840)

\* substrate failure

Block Shear Strength, ISO 13445:

ABS

N/mm <sup>2</sup>	25
(psi)	(3,675)

PVC

N/mm <sup>2</sup>	4
(psi)	(575)

Acrylic

N/mm <sup>2</sup>	8
(psi)	(1,160)

Polycarbonate

N/mm <sup>2</sup>	15
(psi)	(2,220)

**TYPICAL ENVIRONMENTAL RESISTANCE**

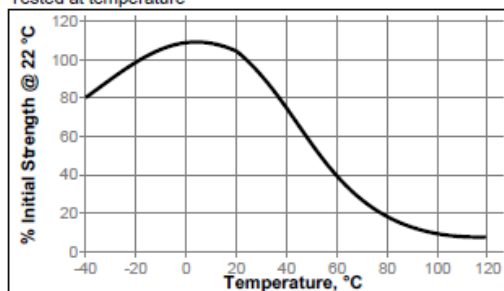
Cured for 72 hours @ 22 °C / 50% RH

Lap Shear Strength, ISO 4587:

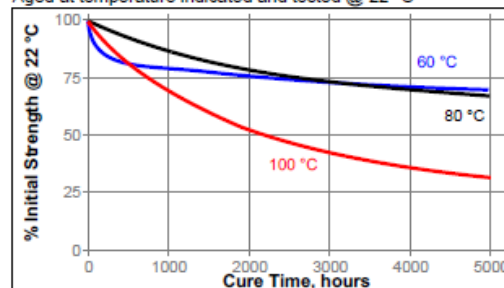
Grit Blasted Mild Steel (GBMS)

**Hot Strength**

Tested at temperature

**Heat Aging**

Aged at temperature indicated and tested @ 22 °C

**Chemical/Solvent Resistance**

Aged under conditions indicated and tested @ 22 °C.

Environment	°C	% of initial strength			
		100 h	500 h	1000 h	5000 h
Motor oil	40	85	70	65	60
Unleaded gasoline	22	65	10	25	0
Ethanol	22	75	45	15	0
Isopropanol	22	80	105	110	20
Water	22	70	65	60	45
98% RH, 40°C	40	55	50	65	50

Block Shear Strength, ISO 13445:

Polycarbonate

**Chemical/Solvent Resistance**

Aged under conditions indicated and tested @ 22 °C

aged under conditions indicated and tested @ 22 °C					
		% of initial strength			
Environment	°C	100 h	500 h	1000 h	5000 h
Air	22	80	95	140	105
98% RH, 40°C	40	140	140	150	140

**Sterilization Resistance of Needle Assemblies**

Sterilized as indicated and tested @ 22 °C

% of initial strength:

	Gamma 30kGy	ETO 1 Cycle	Autoclave	
			1 Cycle	5 Cycles
Polycarbonate	115	110	130	125

**GENERAL INFORMATION**

This product is not recommended for use in pure oxygen and/or oxygen rich systems and should not be selected as a sealant for chlorine or other strong oxidizing materials.

For safe handling information on this product, consult the Safety Data Sheet (SDS).

**KRAYDEN**  
Authorized Distributor  
<http://Krayden.com> 1-800-448-0406

Henkel Americas  
+860.571.5100

Henkel Europe  
+49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific  
+86.21.2891.8859

For the most direct access to local sales and technical support visit: [www.henkel.com/industrial](http://www.henkel.com/industrial)

**Directions for use:**

1. Bond areas should be clean and free from grease. Clean all surfaces with a Loctite® cleaning solvent and allow to dry.
2. To improve bonding on low energy plastic surfaces, Loctite® Primer may be applied to the bond area. Avoid applying excess Primer. Allow the Primer to dry.
3. LOCTITE® Activator may be used if necessary. Apply the LOCTITE® Activator to one bond surface (do not apply activator to the primed surface where Primer is also used). Allow the Activator to dry.
4. Apply adhesive to one of the bond surfaces (do not apply the adhesive to the activated surface). Do not use items like tissue or a brush to spread the adhesive. Assemble the parts within a few seconds. The parts should be accurately located, as the short fixture time leaves little opportunity for adjustment.
5. LOCTITE® Activator can be used to cure fillets of product outside the bond area. Spray or drop the activator on the excess product.
6. Bonds should be held fixed or clamped until adhesive has fixtured.
7. Product should be allowed to develop full strength before subjecting to any service loads (typically 24 to 72 hours after assembly, depending on bond gap, materials and ambient conditions).
8. This product performs best in thin bond gaps (0.05 mm / 2 mil).

**Loctite Material Specification<sup>LMS</sup>**

LMS dated October 30, 2013. Test reports for each batch are available for the indicated properties. LMS test reports include selected QC test parameters considered appropriate to specifications for customer use. Additionally, comprehensive controls are in place to assure product quality and consistency. Special customer specification requirements may be coordinated through Henkel Quality.

**Storage**

Store product in the unopened container in a dry location. Storage information may be indicated on the product container labeling.

**Optimal Storage: 2 °C to 8 °C. Storage below 2 °C or greater than 8 °C can adversely affect product properties.** Material removed from containers may be contaminated during use. Do not return product to the original container. Henkel Corporation cannot assume responsibility for product which has been contaminated or stored under conditions other than those previously indicated. If additional information is required, please contact your local Technical Service Center or Customer Service Representative.

**Conversions**

(°C x 1.8) + 32 = °F  
 kV/mm x 25.4 = V/mil  
 mm / 25.4 = inches  
 μm / 25.4 = mil  
 N x 0.225 = lb  
 N/mm x 5.71 = lb/in  
 N/mm² x 145 = psi  
 MPa x 145 = psi  
 N-m x 8.851 = lb-in  
 N-m x 0.738 = lb-ft  
 N-mm x 0.142 = oz-in  
 mPa-s = cP

**Note:**

The information provided in this Technical Data Sheet (TDS) including the recommendations for use and application of the product are based on our knowledge and experience of the product as at the date of this TDS. The product can have a variety of different applications as well as differing application and working conditions in your environment that are beyond our control. Henkel is, therefore, not liable for the suitability of our product for the production processes and conditions in respect of which you use them, as well as the intended applications and results. We strongly recommend that you carry out your own prior trials to confirm such suitability of our product.

Any liability in respect of the information in the Technical Data Sheet or any other written or oral recommendation(s) regarding the concerned product is excluded, except if otherwise explicitly agreed and except in relation to death or personal injury caused by our negligence and any liability under any applicable mandatory product liability law.

In case products are delivered by Henkel Belgium NV, Henkel Electronic Materials NV, Henkel Nederland BV, Henkel Technologies France SAS and Henkel France SA please additionally note the following:

In case Henkel would be nevertheless held liable, on whatever legal ground, Henkel's liability will in no event exceed the amount of the concerned delivery.

In case products are delivered by Henkel Colombiana, S.A.S. the following disclaimer is applicable:

The information provided in this Technical Data Sheet (TDS) including the recommendations for use and application of the product are based on our knowledge and experience of the product as at the date of this TDS. Henkel is, therefore, not liable for the suitability of our product for the production processes and conditions in respect of which you use them, as well as the intended applications and results. We strongly recommend that you carry out your own prior trials to confirm such suitability of our product.

Any liability in respect of the information in the Technical Data Sheet or any other written or oral recommendation(s) regarding the concerned product is excluded, except if otherwise explicitly agreed and except in relation to death or personal injury caused by our negligence and any liability under any applicable mandatory product liability law.

In case products are delivered by Henkel Corporation, Resin Technology Group, Inc., or Henkel Canada Corporation, the following disclaimer is applicable:

The data contained herein are furnished for information only and are believed to be reliable. We cannot assume responsibility for the results obtained by others over whose methods we have no control. It is the user's responsibility to determine suitability for the user's purpose of any production methods mentioned herein and to adopt such precautions as may be advisable for the protection of property and of persons against any hazards that may be involved in the handling and use thereof. In light of the foregoing, Henkel Corporation specifically disclaims all warranties expressed or implied, including warranties of merchantability or fitness for a particular purpose, arising from sale or use of Henkel Corporation's products. Henkel Corporation specifically disclaims any liability for consequential or incidental damages of any kind, including lost profits. The discussion herein of various processes or compositions is not to be interpreted as representation that they are free from domination of patents owned by others or as a license under any Henkel Corporation patents that may cover such processes or compositions. We recommend that each prospective user test his proposed application before repetitive use, using this data as a guide. This product may be covered by one or more United States or foreign patents or patent applications.

**Trademark usage**

Except as otherwise noted, all trademarks in this document are trademarks of Henkel Corporation in the U.S. and elsewhere. ® denotes a trademark registered in the U.S. Patent and Trademark Office.



Reference 0.0

Henkel Americas  
 +860.571.5100

Henkel Europe  
 +49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific  
 +86.21.2891.8859

For the most direct access to local sales and technical support visit: [www.henkel.com/industrial](http://www.henkel.com/industrial)

## Loctite 4090

### Tekniset tiedot

# LOCTITE®

Technical Data Sheet

## LOCTITE® 4090™

October 2015

### PRODUCT DESCRIPTION

LOCTITE® 4090™ provides the following product characteristics:

<b>Technology</b>	Cyanoacrylate / Epoxy Hybrid
<b>Chemical Type (Part A)</b>	Cyanoacrylate
<b>Chemical Type (Part B)</b>	Epoxy
<b>Appearance (Comp. A)</b>	Transparent colorless to straw colored liquid. <sup>MS</sup>
<b>Appearance (Comp. B)</b>	Off-white to light yellow gel. <sup>MS</sup>
<b>Appearance (Mixture)</b>	Off-white to light yellow gel
<b>Components</b>	Two component - requires mixing
<b>Mix Ratio, by volume - Part A: Part B</b>	1 : 1
<b>Viscosity</b>	High
<b>Cure</b>	Room temperature cure after mixing
<b>Application</b>	Bonding

LOCTITE® 4090™ is a two component, general purpose adhesive which provides a very fast fixture at room temperature. It is designed to bond a variety of substrates including metals, most plastics and rubbers. LOCTITE® 4090™ provides good temperature and moisture resistance which also makes it suitable for applications in high temperature/humidity environments. The thixotropic nature makes it suitable for applications where good gap filling properties on rough and poorly fitting surfaces are required.

### TYPICAL PROPERTIES OF UNCURED MATERIAL

#### Part A:

Specific Gravity, g/cm <sup>3</sup>	1.01
Viscosity, Cone & Plate, mPa·s (cP):	
Temperature: 25 °C	4,000 to 7,000 <sup>MS</sup>
Flash Point - See SDS	

#### Part B:

Specific Gravity, g/cm <sup>3</sup>	1.06
Viscosity, Cone & Plate, mPa·s (cP):	
Temperature: 25 °C	25,000 to 40,000 <sup>MS</sup>
Flash Point - See SDS	

### TYPICAL CURING PERFORMANCE

Curing is initiated on mixing the Part A and Part B components. Handling strength is achieved rapidly; full strength is achieved over time.

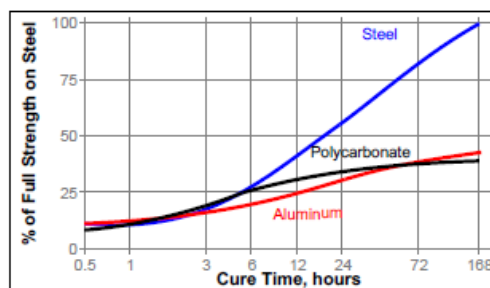
#### Fixture Time

Fixture time is defined as the time to develop a shear strength of 0.1 N/mm<sup>2</sup>.

Fixture Time @ 25°C, seconds <180<sup>MS</sup>

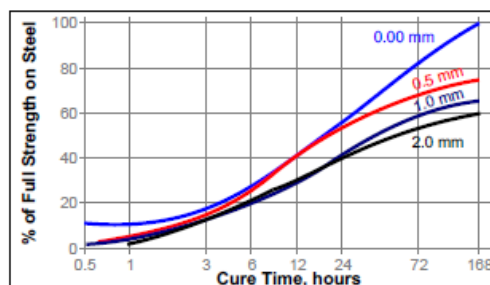
### Cure Speed vs. Substrate

The rate of cure will depend on the substrate used. The graph below shows the shear strength developed with time on steel lap shears compared to different materials and tested according to ISO 4587.



### Cure Speed vs. Bond Gap

The rate of cure will depend on the bondline gap. The following graph shows the shear strength developed with time on grit blasted mild steel lap shears at different controlled gaps and tested according to ISO 4587.



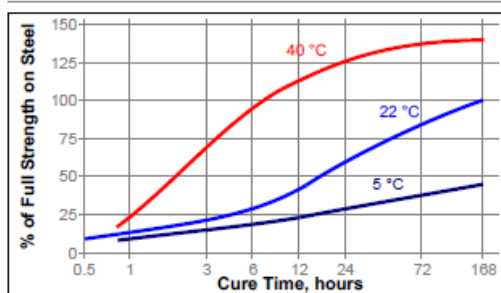
### Cure Speed vs. Temperature

The rate of cure will depend on the ambient temperature. The graph below shows the shear strength developed with time at different temperatures on grit blasted mild steel lap shears and tested according to ISO 4587.





TDS LOCTITE® 4090™, October 2015

**TYPICAL PROPERTIES OF CURED MATERIAL**

Cured for 1 week @ 22 °C

**Physical Properties:**

Glass Transition Temperature, ISO 11359-2, °C 88  
 Coefficient of Thermal Expansion, ISO 11359-2 K<sup>-1</sup>:  
 Below Tg (88°C) 71×10<sup>-6</sup>  
 Above Tg (88°C) 175×10<sup>-6</sup>

Shore Hardness, ISO 888, Durometer D 65 to 69  
 Tensile Strength, at break, ISO 527-3 N/mm<sup>2</sup> 7.1  
 (psi) (1,025)  
 Tensile Modulus, ISO 527-3 N/mm<sup>2</sup> 565  
 (psi) (81,800)  
 Elongation, at break, ISO 527-3, % 3.6

**TYPICAL PERFORMANCE OF CURED MATERIAL****Adhesive Properties**

Cured for 168 hours @ 22 °C

**Shear Strength, Lap Shear Strength, ISO 4587:**

Steel (grit blasted)	N/mm <sup>2</sup> 17 (psi) (2,420)
Aluminum	N/mm <sup>2</sup> 7.6 (psi) (1,100)
Aluminum (etched)	N/mm <sup>2</sup> 13 (psi) (1,900)
Zinc dichromate	N/mm <sup>2</sup> 9.1 (psi) (1,320)
Stainless steel	N/mm <sup>2</sup> 15 (psi) (2,120)
ABS	N/mm <sup>2</sup> 5.2 (psi) (750)
Phenolic	N/mm <sup>2</sup> 3.2 (psi) (460)
Polycarbonate	N/mm <sup>2</sup> 6.9 (psi) (1,000)
Nitrile	N/mm <sup>2</sup> 0.7 (psi) (100)
Wood (Oak)	N/mm <sup>2</sup> 4.8 (psi) (700)
Epoxy	N/mm <sup>2</sup> 9.1 (psi) (1,320)
Polyethylene	N/mm <sup>2</sup> 0.5 (psi) (72)
Polypropylene	N/mm <sup>2</sup> 0.6 (psi) (87)

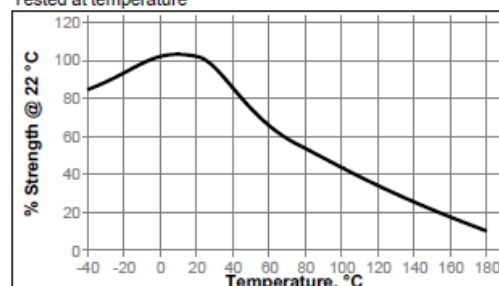
**TYPICAL ENVIRONMENTAL RESISTANCE**

Cured for 1 week @ 22 °C

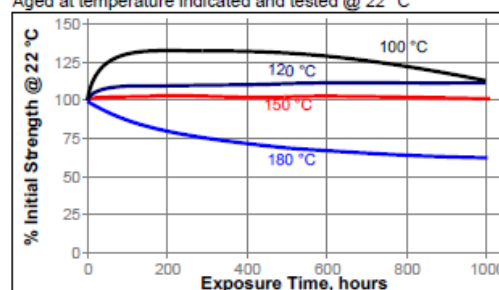
Lap Shear Strength, ISO 4587:  
 Steel (grit blasted)

**Hot Strength**

Tested at temperature

**Heat Aging**

Aged at temperature indicated and tested @ 22 °C

**Chemical/Solvent Resistance**

Aged under conditions indicated and tested @ 22 °C.

Environment	°C	% of initial strength		
		100 h	500 h	1000 h
Water	22	90	75	70
Water	60	80	55	55
Motor oil	40	120	130	130
Unleaded gasoline	22	95	100	105
Ethanol	22	85	90	90
Isopropanol	22	100	100	95
Water/glycol 50/50	87	50	5	5
98% RH	40	85	70	70
95% RH	65	95	85	65

Lap Shear Strength, ISO 4587:  
 Polycarbonate

Environment	°C	% of initial strength		
		100 h	500 h	1000 h
98% RH	40	100	90	80

Henkel Americas  
 +860.571.5100

Henkel Europe  
 +49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific  
 +86.21.2891.8859

For the most direct access to local sales and technical support visit: [www.henkel.com/industrial](http://www.henkel.com/industrial)

TDS LOCTITE® 4090™, October 2015

Lap Shear Strength, ISO 4587:  
Aluminum

Environment	°C	% of initial strength		
		100 h	300 h	500 h
95% RH	65	100	95	85

**GENERAL INFORMATION**

This product is not recommended for use in pure oxygen and/or oxygen rich systems and should not be selected as a sealant for chlorine or other strong oxidizing materials.

For safe handling information on this product, consult the Safety Data Sheet (SDS).

Where aqueous washing systems are used to clean the surfaces before bonding, it is important to check for compatibility of the washing solution with the adhesive. In some cases these aqueous washes can affect the cure and performance of the adhesive.

**Directions for use:**

1. Bond areas should be clean and free from grease. Clean all surfaces with a Loctite® cleaning solvent and allow to dry.
2. To use, Part A and Part B must be blended. Product can be applied directly from dual cartridge by dispensing through the mixer head supplied.
3. **50g Dual Cartridge:** Stand dual cartridge upright for 1 minute. Keeping the cartridge in an upright position, insert it into the application gun, remove cap and expel a small amount of adhesive to be sure both sides are flowing evenly and freely. Attach the mixing nozzle.
4. **400g Dual Cartridge:** Stand dual cartridge upright for 1 minute. Remove the cartridge cap and locking ring, attach the mixing nozzle and secure with the locking ring. Load cartridge into the application gun so that the yellow label on cartridge is visible above the nozzle. Holding the application gun at a 45° angle, with the nozzle tip pointing upwards, begin dispensing the adhesive until the product reaches the nozzle tip.  
**NOTE:** A pneumatic application gun is required to apply the product from the 400g dual cartridge at a maximum dispense pressure of 2 bar.
5. Dispense and discard a bead as long and as wide as the mixing nozzle, to ensure sufficient mixing.
6. Apply the mixed adhesive to one of the bond surfaces to be joined. Parts should be assembled immediately after the mixed adhesive has been applied.
7. Bonds should be held fixed or clamped until adhesive has fixtured.
8. Keep assembled parts from moving during cure. The bond should be allowed to develop full strength before subjecting to any service load.

**Loctite Material Specification<sup>LMS</sup>**

LMS dated May 27, 2013 (Part A) and LMS dated June 10, 2013 (Part B). Test reports for each batch are available for the indicated properties. LMS test reports include selected QC test parameters considered appropriate to specifications for customer use. Additionally, comprehensive controls are in place to assure product quality and consistency. Special customer specification requirements may be coordinated through Henkel Loctite Quality.

**Storage**

Store product in the unopened container in a dry location. Storage information may be indicated on the product container labeling.

**Optimal Storage: 2 °C to 8 °C. Storage below 2 °C or greater than 8 °C can adversely affect product properties.** Material removed from containers may be contaminated during use. Do not return product to the original container. Henkel Corporation cannot assume responsibility for product which has been contaminated or stored under conditions other than those previously indicated. If additional information is required, please contact your local Technical Service Center or Customer Service Representative.

**Conversions**

(°C x 1.8) + 32 = °F  
kV/mm x 25.4 = V/mil  
mm / 25.4 = inches  
µm / 25.4 = mil  
N x 0.225 = lb  
N/mm x 5.71 = lb/in  
N/mm<sup>2</sup> x 145 = psi  
MPa x 145 = psi  
N-m x 8.851 = lb-in  
N-m x 0.738 = lb-ft  
N-mm x 0.142 = oz-in  
mPa-s = cP

**Note:**

The information provided in this Technical Data Sheet (TDS) including the recommendations for use and application of the product are based on our knowledge and experience of the product as at the date of this TDS. The product can have a variety of different applications as well as differing application and working conditions in your environment that are beyond our control. Henkel is, therefore, not liable for the suitability of our product for the production processes and conditions in respect of which you use them, as well as the intended applications and results. We strongly recommend that you carry out your own prior trials to confirm such suitability of our product.

Any liability in respect of the information in the Technical Data Sheet or any other written or oral recommendation(s) regarding the concerned product is excluded, except if otherwise explicitly agreed and except in relation to death or personal injury caused by our negligence and any liability under any applicable mandatory product liability law.

In case products are delivered by Henkel Belgium NV, Henkel Electronic Materials NV, Henkel Nederland BV, Henkel Technologies France SAS and Henkel France SA please additionally note the following:  
In case Henkel would be nevertheless held liable, on whatever legal ground, Henkel's liability will in no event exceed the amount of the concerned delivery.

In case products are delivered by Henkel Colombiana, S.A.S. the following disclaimer is applicable:

The information provided in this Technical Data Sheet (TDS) including the recommendations for use and application of the product are based on our knowledge and experience of the product as at the date of this TDS. Henkel is, therefore, not liable for the suitability of our product for the production processes and conditions in respect of which you use them, as well as the intended

Henkel Americas  
+860.571.5100

Henkel Europe  
+49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific  
+86.21.2891.8859

For the most direct access to local sales and technical support visit: [www.henkel.com/industrial](http://www.henkel.com/industrial)

applications and results. We strongly recommend that you carry out your own prior trials to confirm such suitability of our product.  
Any liability in respect of the information in the Technical Data Sheet or any other written or oral recommendation(s) regarding the concerned product is excluded, except if otherwise explicitly agreed and except in relation to death or personal injury caused by our negligence and any liability under any applicable mandatory product liability law.

In case products are delivered by Henkel Corporation, Resin Technology Group, Inc., or Henkel Canada Corporation, the following disclaimer is applicable:

The data contained herein are furnished for information only and are believed to be reliable. We cannot assume responsibility for the results obtained by others over whose methods we have no control. It is the user's responsibility to determine suitability for the user's purpose of any production methods mentioned herein and to adopt such precautions as may be advisable for the protection of property and of persons against any hazards that may be involved in the handling and use thereof. In light of the foregoing, Henkel Corporation specifically disclaims all warranties expressed or implied, including warranties of merchantability or fitness for a particular purpose, arising from sale or use of Henkel Corporation's products. Henkel Corporation specifically disclaims any liability for consequential or incidental damages of any kind, including lost profits. The discussion herein of various processes or compositions is not to be interpreted as representation that they are free from domination of patents owned by others or as a license under any Henkel Corporation patents that may cover such processes or compositions. We recommend that each prospective user test his proposed application before repetitive use, using this data as a guide. This product may be covered by one or more United States or foreign patents or patent applications.

#### Trademark usage

Except as otherwise noted, all trademarks in this document are trademarks of Henkel Corporation in the U.S. and elsewhere. \* denotes a trademark registered in the U.S. Patent and Trademark Office.

#### Reference 0.3

Henkel Americas  
+860.571.5100

Henkel Europe  
+49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific  
+86.21.2891.8859

For the most direct access to local sales and technical support visit: [www.henkel.com/industrial](http://www.henkel.com/industrial)

## Loctite 3038

### Tekniset tiedot

# LOCTITE®

Technical Data Sheet

## LOCTITE® AA 3038™

Known as LOCTITE® 3038™  
December 2013

### PRODUCT DESCRIPTION

LOCTITE® AA 3038™ provides the following product characteristics:

<b>Technology</b>	Acrylic
<b>Chemical Type</b>	Acrylic
<b>Appearance, Resin (Component A)</b>	Clear yellow gel <sup>MS</sup>
<b>Appearance, Hardener (Component B)</b>	Viscous straw colored liquid <sup>MS</sup>
<b>Components</b>	Two component - requires mixing
<b>Viscosity</b>	Medium, thixotropic
<b>Cure</b>	Two part acrylic
<b>Mix Ratio, by volume Part A: Part B</b>	1 : 10
<b>Application</b>	Bonding
<b>Specific Benefit</b>	Bonds low energy plastic without pre-treatment

LOCTITE® AA 3038™ is designed primarily to bond e-coated metals (ECS) to glass fibre filled polypropylenes (PPGF) but can also be used on other low energy substrates such as LDPE and HDPE. The product is designed to work without surface pre-treatment. The product contains 0.25 mm fillers for bondline thickness control. The thixotropic nature of LOCTITE® AA 3038™ reduces the migration of liquid product after application to the substrate.

### TYPICAL PROPERTIES OF UNCURED MATERIAL

#### Part A:

Specific Gravity @ 20 °C	1.2
Viscosity, Cone & Plate, mPa·s (cP):	
Temperature: 25 °C, Shear Rate: 20 s <sup>-1</sup>	1,500 to 15,000 <sup>MS</sup>
Color, APHA	1 to 3 <sup>MS</sup>
Flash Point - See SDS	

#### Part B:

Specific Gravity @ 25 °C	1.0
Viscosity, Cone & Plate, mPa·s (cP):	
Temperature: 25 °C, Shear Rate: 20 s <sup>-1</sup>	6,000 to 18,000 <sup>MS</sup>
Flash Point - See SDS	

### TYPICAL CURING PERFORMANCE

This product cures when the components are dispensed through a static mixer at room temperature.

### Fixture Time

Fixture time is defined as the time to develop a shear strength of 0.1 N/mm<sup>2</sup>.

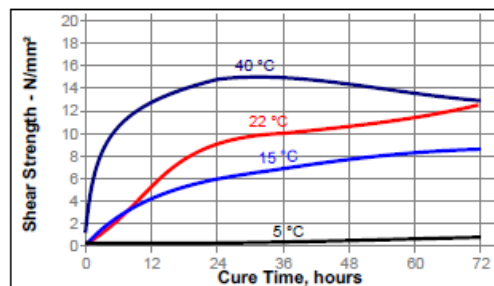
Fixture Time, mixed, minutes:	
PPGF to ECS	≤70

### Open Time

Open Time, mixed, minutes	4
---------------------------	---

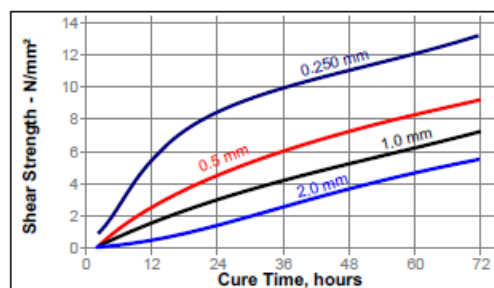
### Cure Speed vs. Temperature

The graph below shows the shear strength developed with time on ECS to PPGF at different temperatures and tested according to ISO 4587.



### Cure Speed vs. Bond Gap

The rate of cure will depend on the bondline gap. Thin bond lines result in higher cure speeds, increasing the bond gap will decrease the rate of cure.



TDS LOCTITE® AA 3038™, December 2013

**TYPICAL PROPERTIES OF CURED MATERIAL**

Cured for 24 hours @ 22 °C

**Physical Properties:**

Coefficient of Thermal Expansion, K <sup>-1</sup> :	
Below T <sub>g</sub>	178×10 <sup>-6</sup>
Above T <sub>g</sub>	145×10 <sup>-6</sup>
Glass Transition Temperature, °C	57
Coefficient of Thermal Conductivity, W/(m·K)	0.436
Shore Hardness, ISO 868, Durometer D	65

Cured for 168 hours @ 22 °C

**Physical Properties:**

Elongation, at break, ISO 527-2, %	37
Tensile Strength, at break, ISO 527-2	N/mm <sup>2</sup> 12.98 (psi) (1,880)
Tensile Modulus, ISO 527-2	N/mm <sup>2</sup> 704 (psi) (102,080)

**TYPICAL PERFORMANCE OF CURED MATERIAL****Adhesive Properties**

Cured for 72 hours @ 22 °C

Lap Shear Strength, ISO 4587:

PPGF to ECS	N/mm <sup>2</sup> ≥8 <sub>MIN</sub> (psi) (≥1,180)
PPGF to Polycarbonate	N/mm <sup>2</sup> 5.5 (psi) (800)
Aluminum	N/mm <sup>2</sup> 7.9 (psi) (1,150)
PPGF	N/mm <sup>2</sup> 9.8 (psi) (1,420)
Polyamide (Nylon)	N/mm <sup>2</sup> 2.9 (psi) (420)
Polybutylene	N/mm <sup>2</sup> 13.6 (psi) (1,970)
Terephthalate (PBT)	

Cured for 24 hours @ 22 °C

Lap Shear Strength, ISO 4587:

PPGF to ECS	N/mm <sup>2</sup> 8.4 (psi) (1,220)
-------------	--

Cured for 168 hours @ 22 °C

Lap Shear Strength, ISO 4587:

PPGF to ECS	N/mm <sup>2</sup> 10.5 (psi) (1,520)
-------------	---

**TYPICAL ENVIRONMENTAL RESISTANCE**

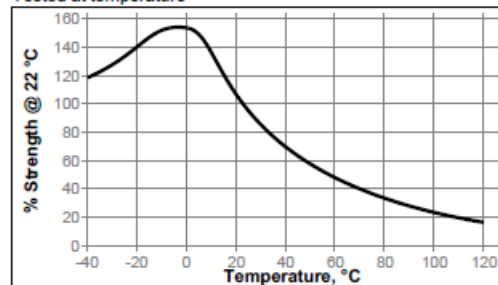
Cured for 24 hours @ 22 °C

Lap Shear Strength, ISO 4587:

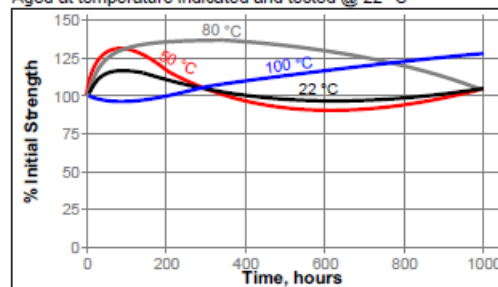
PPGF to ECS

**Hot Strength**

Tested at temperature

**Heat Aging**

Aged at temperature indicated and tested @ 22 °C

**Chemical/Solvent Resistance**

Aged under conditions indicated and tested @ 22 °C.

Environment	°C	% of initial strength		
		100 h	500 h	1000 h
98% RH	40	112	103	94
Motor oil	22	108	110	107
Motor oil	50	132	96	111
Water/glycol	22	114	102	99
Water/glycol	50	109	102	91

**GENERAL INFORMATION**

This product is not recommended for use in pure oxygen and/or oxygen rich systems and should not be selected as a sealant for chlorine or other strong oxidizing materials.

For safe handling information on this product, consult the Safety Data Sheet (SDS).

**Directions for use:**

- For best performance bond surfaces should be clean and free from grease.
- For more detailed information, please contact your local Technical Service Center or Customer Service Representative.

Henkel Loctite Americas  
+866.332.7024

Henkel Loctite Europe  
+49.89.9268.0

Henkel Loctite Asia Pacific  
+81.45.758.1810

For the most direct access to local sales and technical support visit: [www.henkel.com/industrial](http://www.henkel.com/industrial)



**Loctite Material Specification<sup>LMS</sup>**

LMS dated September 18, 2006 (Part A) and LMS dated September 26, 2007 (Part B). Test reports for each batch are available for the indicated properties. LMS test reports include selected QC test parameters considered appropriate to specifications for customer use. Additionally, comprehensive controls are in place to assure product quality and consistency. Special customer specification requirements may be coordinated through Henkel Loctite Quality.

**Storage**

Store product in the unopened container in a dry location. Material removed from containers may be contaminated during use. Do not return liquid to original container. Storage information may be indicated on the product container labeling.

**Optimal Storage: 8 °C to 21 °C. Storage below 8 °C or greater than 28 °C can adversely affect product properties.** Henkel cannot assume responsibility for product which has been contaminated or stored under conditions other than those recommended. If additional information is required, please contact your local Technical Service Center or Customer Service Representative.

**Conversions**

(°C x 1.8) + 32 = °F  
 kV/mm x 25.4 = V/mil  
 mm / 25.4 = inches  
 µm / 25.4 = mil  
 N x 0.225 = lb  
 N/mm x 5.71 = lb/in  
 N/mm² x 145 = psi  
 MPa x 145 = psi  
 N-m x 8.851 = lb-in  
 N-m x 0.738 = lb-ft  
 N-mm x 0.142 = oz-in  
 mPa-s = cP

**Note:**

The information provided in this Technical Data Sheet (TDS) including the recommendations for use and application of the product are based on our knowledge and experience of the product as at the date of this TDS. The product can have a variety of different applications as well as differing application and working conditions in your environment that are beyond our control. Henkel is, therefore, not liable for the suitability of our product for the production processes and conditions in respect of which you use them, as well as the intended applications and results. We strongly recommend that you carry out your own prior trials to confirm such suitability of our product.

Any liability in respect of the information in the Technical Data Sheet or any other written or oral recommendation(s) regarding the concerned product is excluded, except if otherwise explicitly agreed and except in relation to death or personal injury caused by our negligence and any liability under any applicable mandatory product liability law.

In case products are delivered by Henkel Belgium NV, Henkel Electronic Materials NV, Henkel Nederland BV, Henkel Technologies France SAS and Henkel France SA please additionally note the following:

In case Henkel would be nevertheless held liable, on whatever legal ground, Henkel's liability will in no event exceed the amount of the concerned delivery.

In case products are delivered by Henkel Colombiana, S.A.S. the following disclaimer is applicable:

The information provided in this Technical Data Sheet (TDS) including the recommendations for use and application of the product are based on our knowledge and experience of the product as at the date of this TDS. Henkel is, therefore, not liable for the suitability of our product for the production processes and conditions in respect of which you use them, as well as the intended applications and results. We strongly recommend that you carry out your own prior trials to confirm such suitability of our product.

Any liability in respect of the information in the Technical Data Sheet or any other written or oral recommendation(s) regarding the concerned product is excluded, except if otherwise explicitly agreed and except in relation to death or personal injury caused by our negligence and any liability under any applicable mandatory product liability law.

In case products are delivered by Henkel Corporation, Resin Technology

Group, Inc., or Henkel Canada Corporation, the following disclaimer is applicable:

The data contained herein are furnished for information only and are believed to be reliable. We cannot assume responsibility for the results obtained by others over whose methods we have no control. It is the user's responsibility to determine suitability for the user's purpose of any production methods mentioned herein and to adopt such precautions as may be advisable for the protection of property and of persons against any hazards that may be involved in the handling and use thereof. In light of the foregoing, Henkel Corporation specifically disclaims all warranties expressed or implied, including warranties of merchantability or fitness for a particular purpose, arising from sale or use of Henkel Corporation's products. Henkel Corporation specifically disclaims any liability for consequential or incidental damages of any kind, including lost profits. The discussion herein of various processes or compositions is not to be interpreted as representation that they are free from domination of patents owned by others or as a license under any Henkel Corporation patents that may cover such processes or compositions. We recommend that each prospective user test his proposed application before repetitive use, using this data as a guide. This product may be covered by one or more United States or foreign patents or patent applications.

**Trademark usage**

Except as otherwise noted, all trademarks in this document are trademarks of Henkel Corporation in the U.S. and elsewhere. ® denotes a trademark registered in the U.S. Patent and Trademark Office.

Reference 0.5

Henkel Loctite Americas  
 +866.332.7024

Henkel Loctite Europe  
 +49.89.9268.0

Henkel Loctite Asia Pacific  
 +81.45.758.1810

For the most direct access to local sales and technical support visit: [www.loctite.com](http://www.loctite.com)

**DP-8005**

Tekniset tiedot

# **3M**

## **Scotch-Weld™**

### **Structural Plastic Adhesive**

DP-8005 Translucent • DP-8005 Black

**Technical Data****September, 2010**

---

**Product Description**

3M™ Scotch-Weld™ Structural Plastic Adhesive DP-8005 is a two-part acrylic-based adhesive (10:1 ratio by volume) that can bond many low surface energy plastics, including many grades of polypropylene, polyethylene, and TPO's *without special surface preparation*.

Scotch-Weld Adhesive DP-8005 can replace screws, rivets, plastic welding, and two-step processes which include chemical etchants, priming or surface treatments in many applications.

---

**Features**

- Ability to Bond Dissimilar Substrates
- Ability to Structurally Bond Polyolefins
- Room Temperature Cure
- Excellent Water and Humidity Resistance
- Very Good Chemical Resistance
- One Step Process - No Pre-Treatment of the Substrates Needed
- Solvent-free Adhesive System
- Convenient Hand-Held Applicator System
- Available in Bulk

**3M™ Scotch-Weld™**  
**Structural Plastic Adhesive**  
 DP-8005 Translucent • DP-8005 Black

**Typical Uncured  
Physical Properties**

Note: The following technical information and data should be considered representative or typical only and should not be used for specification purposes.

Product		3M™ Scotch-Weld™ Structural Plastic Adhesive DP-8005	
		Translucent	Black
Color	Base (B) Accelerator (A)	Amber White	Black White
Lbs./gal.	Base (B) Accelerator (A)	8-8.4 8.75-9.15	8-8.4 8.75-9.15
Viscosity (cPs.) <sup>(1)</sup>	Base (B) Accelerator (A)	17,000-30,000 35,000-55,000	15,000-30,000 35,000-55,000
Base Resin	Base (B) Accelerator (A)	Methacrylate Amine	Methacrylate Amine
Mix Ratio (B:A)	By Volume By Weight	10:1 9.16:1	10:1 9.16:1
Full Cure Time @ 73°F (23°C)		8-24 hrs.	
Time to Handling Strength (minimum of 50 psi shear at 73°F/23°C)		2-3 hrs.	
Work Life at 73°F (23°C)		2.5-3 min.	

(1) Viscosity obtained by Brookfield, DV-II, #7 Spindle, 20 rpm at 75°F (24°C).

The accelerator formula is common to both Scotch-Weld Adhesive DP-8005 Translucent and DP-8005 Black

**Typical Cured  
Physical Properties**

Note: The following technical information and data should be considered representative or typical only and should not be used for specification purposes.

Product		Scotch-Weld Adhesive DP-8005	
		Translucent	Black
Color		Yellow	Black
Shore D Hardness (ASTM D-2240)		55	60
Mechanical Properties <sup>(2)</sup>			
	Strain at Peak Load	5.3%	4.5%
	Stress at Peak Load (psi)	1889	1692
	Modulus at 1% Strain (psi)	85,669	58,782
Tg onset (°C) <sup>(3)</sup>		33	
Coefficient of Thermal Expansion (ppm/°C) <sup>(3)</sup>			
	Below Tg	125	
	Above Tg	170	

(2) Mechanical properties obtained using a Sintech SGL Mechanical Tester. Approximate dimensions of the test specimen was 1.5" x 0.5" x 0.3". Elongation was determined by crosshead displacement. The crosshead velocity was 0.5"/min.

(3) Tg and CTE determined by TMA -40°F to 249°F (-40°C to 120°C) at 10°F (5°C)/min. (after 2 heat cycles).



**3M™ Scotch-Weld™**  
**Structural Plastic Adhesive**  
 DP-8005 Translucent • DP-8005 Black

**Typical Performance  
 Characteristics**

Note: The following technical information and data should be considered representative or typical only and should not be used for specification purposes.

Overlap Shear Strength<sup>(4)</sup>, tested @ 73°F (23°C)

Product	3M™ Scotch-Weld™ Structural Plastic Adhesive DP-8005	
	Translucent	Black
Substrate	OLS (psi)	OLS (psi)
HDPE	1100 SF	1100 SF
PE	1075 SF	875 SF
PP	1100 SF	1150 SF
UHMWPE	750 SF	750 SF
LDPE	400 SF	400 SF
ABS	1525 SF	1575 SF
Polycarbonate	850 SF	1100 AF
Plexiglass (PMMA)	950 SF	1075 SF
PVC	2050 SF	1900 SF
HIPS	550 SF	575 SF
Green FRP	2475 CF	2500 CF
PTFE	250 AF	200 AF
Polystyrene	775 SF	750 SF
Glass (3/16" thick)	650 SF	525 SF
Gel Coat (3/16" thick)	1500 SF	1425 SF
Copper (1/16" thick)	2275 CF	2050 CF
Aluminum (1/16" thick)	2275 CF	2075 CF
Cold-Rolled Steel (1/32" thick)	2500 AF	2275 CF
304 Stainless Steel (1/32" thick)	2300 CF	1100 AF
HDPE/HDG	975 SF (HDPE)	850 MM
HDPE/Galvanealed	950 SF (HDPE)	1025 SF (HDPE)
HDPE/CRS (non-abraded CRS)	950 SF (HDPE)	1025 MM
Oily HDG	2150 CF	1225 MM

SF = Substrate Failure/Break/Yield

CF = Cohesive Failure

AF = Adhesive Failure

MM = Mixed (Mode of AF and CF)

(4) Overlap Shear Test Method: Overlap shear test for adhesion determined in accordance to ASTM D1002. Sample dimensions were 1" x 4" x 1/8" (unless other thicknesses indicated) with an overlap area of 1" x 1/2". Plastics and glass substrates were cleansed with isopropyl alcohol (IPA) wipes; metal substrates were abraded with 150-grit sandpaper and cleansed with methyl ethyl ketone (MEK) wipes. All bonds were allowed to cure for a minimum of 48 hours at 73°F (23°C) before tested. Data were collected using a Sintech SGL Mechanical Tester with the 2000-lb or 5000-lb load cells. Test rate was 2"/min. for plastic bonds, and 0.1"/min. for metal and glass bonds at 73°F (23°C).

### 3M™ Scotch-Weld™ Structural Plastic Adhesive DP-8005 Translucent • DP-8005 Black

Typical Performance  
Characteristics (continued)

Note: The following technical information and data should be considered representative or typical only and should not be used for specification purposes.

T-Peel Strength<sup>(5)</sup>, tested @ 73°F (23°C)

Product	3M™ Scotch-Weld™ Structural Plastic Adhesive DP-8005	
Substrate	Translucent	Black
HDPE	17 pli SF	9 C sh

SF = Substrate Failure/Break/Yield  
C sh = Cohesive but shocky

(5) Peel tests on 0.02" thick HDPE, 0.017" bondline thickness, 8" x 1" in T-peel mode at a rate of 2.0"/min.

#### Environmental & Chemical Exposure Test on HDPE<sup>(6)</sup>

All Exposure Times 14 Days Unless Otherwise Noted

All Temperatures are Room Temperature Unless Otherwise Noted

Product	Scotch-Weld Adhesive DP-8005	
	Translucent	Black
Condition	Overlap Shear (psi)	Overlap Shear (psi)
Control - no chemical exposure	1100 SF	1100 SF
160°F (71°C)/100% RH	950 MM	950 MM
160°F (71°C) Water Soak	975 CF	1000 SF
Room Temperature Salt Water Soak (5% by wt.)	1100 SF	975 SF
160°F (71°C)/100% RH Salt Water Soak (5% by wt.)	925 CF	925 CF
NaOH (10% by wt.)	1075 SF	1025 SF
HCl (16% by vol.)	1100 SF	1000 SF
Isopropyl Alcohol	950 SF	1000 SF
Antifreeze Coolant	1000 SF	1025 SF
Gasoline	325 CF	450 CF
Diesel Fuel	1050 SF	950 SF
Toluene	25 CF	50 CF
Acetone	100 CF	200 CF

SF = Substrate Failure/Break/Yield  
CF = Cohesive Failure

AF = Adhesive Failure  
MM = Mixed (Mode of AF and CF)

(6) Environmental tests were conducted by immersing bonded coupons of HDPE and subsequent testing in accordance with footnote 4.

#### OLS Bond Strengths at Elevated Temperatures<sup>(7)</sup>

Product	Scotch-Weld Adhesive DP-8005			
	Translucent (HDPE)	Black (HDPE)	Translucent (Green-FRP)	Black (Green-FRP)
Test Temperature				
-20°F (-29°C)	750 CF	875 CF	975 AF	900 AF
73°F (23°C)	1100 SF	1100 SF	2475 AF	2450 AF
120°F (49°C)	700 CF	700 CF	1875 MM	1550 MM
150°F (66°C)	500 CF	475 MM	1150 MM	1025 MM
180°F (82°C)	300 CF	300 MM	750 MM	975 MM

OLS bond strength expressed in psi.  
SF = Substrate Failure/Break/Yield  
CF = Cohesive Failure

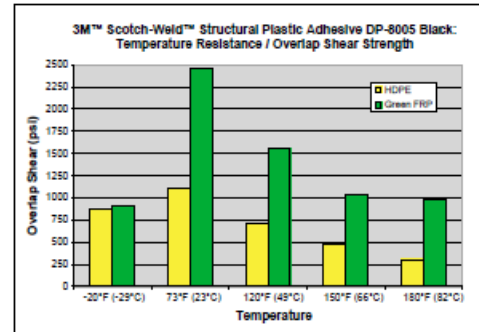
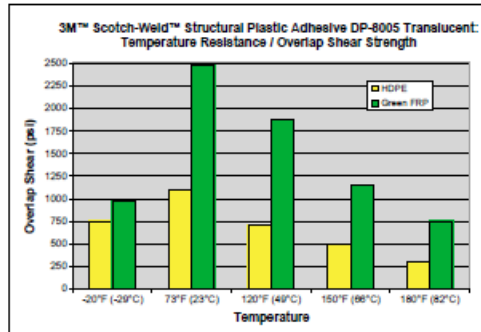
AF = Adhesive Failure  
MM = Mixed (Mode of AF and CF)

(7) Temperature resistance tests were conducted at specified temperature in accordance with footnote 4.

## 3M™ Scotch-Weld™ Structural Plastic Adhesive DP-8005 Translucent • DP-8005 Black

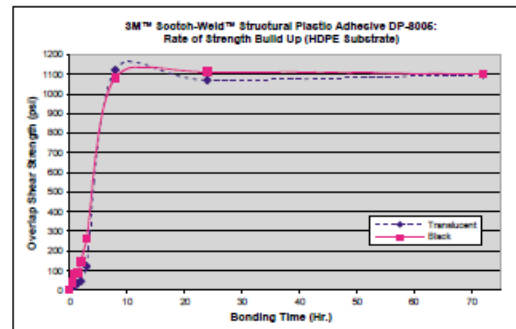
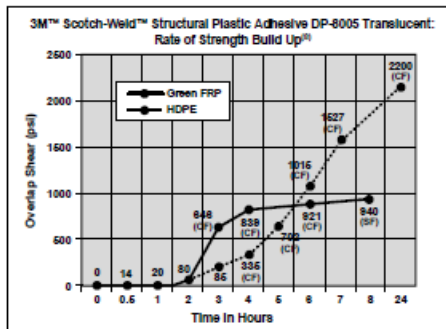
### Temperature Resistance

Note: The following technical information and data should be considered representative or typical only and should not be used for specification purposes.



### Typical Rate of Strength Build-Up<sup>(8)</sup>

Note: The following technical information and data should be considered representative or typical only and should not be used for specification purposes.

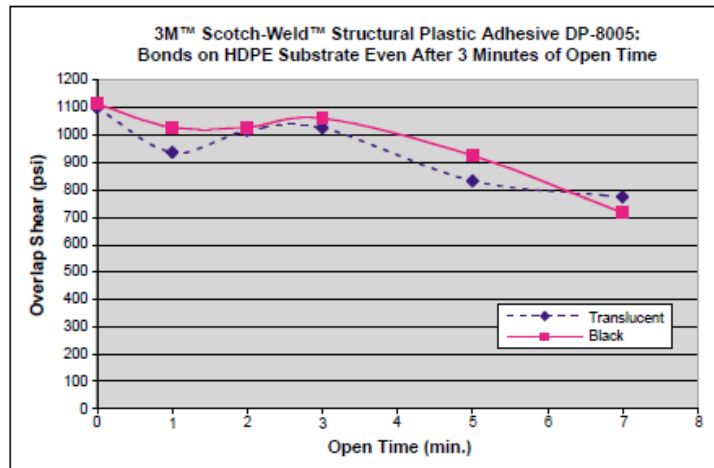


(8) Rate of strength testing done using overlap shear test described in footnote 4.

## 3M™ Scotch-Weld™ Structural Plastic Adhesive DP-8005 Translucent • DP-8005 Black

### Times and Substrates<sup>(9)</sup>

Note: The following technical information and data should be considered representative or typical only and should not be used for specification purposes.



(9) Open Time Overlap Shear Test done using test method described in footnote 4.

### Suggested Substrates

Note: The following suggestions are based on laboratory tests on typical grades of the listed substrates. Because of the many combinations of process aids and additives that are used with plastic substrates, the user is responsible for determining whether 3M™ Scotch-Weld™ Structural Plastic Adhesive DP-8005 is appropriate for a given application.

Potential Primary Surfaces	Polypropylene (PP) Polyethylene (PE, HDPE, LDPE)
Potential Secondary Surfaces	<div>           Fiber Reinforced Plastic (FRP)            Polycarbonate (PC)            Wood            Aluminum            Glass            Thermoplastic Elastomers (TPE)         </div> <div>           PVC            ABS            Acrylic (PMMA)            Polystyrene            Concrete            Metals         </div>
Not Recommended Surfaces Inconsistent results have been exhibited with substrates that contain oils and anti-stats.	PTFE Silicone Surfaces Surfaces Containing Mold-Release Agents Polyimide Nylons

**3M™ Scotch-Weld™**  
**Structural Plastic Adhesive**  
 DP-8005 Translucent • DP-8005 Black

**Handling/Curing  
 Information**

**Directions for Use:**

**Important:** Use only the specified 3M™ EPX™ Plus II Applicator system or appropriate meter mix equipment to ensure the proper 10:1 mix ratio and mix. Hand mixing is not recommended and may result in unpredictable results.

- 1) Apply adhesive to clean, dry substrates, which are free of loose paint, oxide films, oils, dust, mold release agents and all other surface contaminants. See the Surface Preparation section for specific substrate preparation methods.

**35 ml Cartridge:**

Place duo-pak cartridge in EPX applicator. Remove cap. Remove rubber plug. Dispense and discard a small amount of adhesive to assure even ratio and free flow. Clear orifice if necessary. Use only orange 10:1 mixing nozzle by: (a) aligning nozzle notch with cartridge recess, and (b) twisting into place. Dispense and discard a small amount of adhesive through nozzle until the adhesive is mixed.

**250 ml Cartridge:**

While holding duo-pak cartridge in an upright position, remove and discard the insert from the cartridge by unscrewing plastic nut and removing metal washer. Place cartridge in a 10:1, 250 ml EPX applicator.

Clean orifice if clogged; dispense and discard a small amount of adhesive to even pistons. Attach orange 10:1 EPX mixing nozzle by:

- (a) sliding the nozzle over the cartridge orifice until the nozzle notch aligns and seats against the tab on the neck of the cartridge and;
- (b) screwing the plastic nut back onto the cartridge to secure the nozzle. Dispense and discard a small amount of adhesive until the mixed adhesive has a milky white appearance. If adhesive is clear, check the small orifice for debris or flow.

**Meter-Mix Equipment:**

Follow manufacturer's precautions, directions for use, and recommendations.

- 2) After the adhesive is applied, substrates must be mated within the worklife of the adhesive, 2-2.5 minutes or sooner for one-sided applications. Adhesive thickness less than .005" will yield unpredictable results. The joint design of the substrates should facilitate a .005" to .008" adhesive thickness at the bondline. Adhesive contains .008" micropheres for this purpose.
- 3) The bonded surfaces should be fixtured, or clamped, for at least 2 hours. The clamping pressure should be sufficient to keep the surfaces in contact during cure (typically 4-8 psi). Plastic parts can be designed to be self-fixturing, negating the need for external fixturing.

**Note:** Heating the bondline to 150-175°F (66-80°C) for 30 minutes will speed up curing. The parts should be dwelled for a minimum of 10 minutes at room temperature prior to heating to allow more adhesive penetration into the substrates before heat-accelerated cure.

## 3M™ Scotch-Weld™ Structural Plastic Adhesive DP-8005 Translucent • DP-8005 Black

### Handling/Curing Information (continued)

- 4) Cured adhesive appearance: the adhesive will yellow with time; a rippling effect in the adhesive as it cures is normal and indicates that the adhesive is mixed properly and curing normally.

Approximate Coverage – By Size of Container [Figures do not include nozzle waste]

Bead Size	Linear ft per 35 ml	Linear ft per 250 ml	Linear ft per mixed gallon
1/2"	1.8	12.9	196
3/8"	3	23	350
1/4"	7	51.8	785
1/8"	28.9	206.7	3,130
1/16"	114.8	820	12,240

Coverage in square feet – (.008" bond line) [Figures do not include nozzle waste]

Square ft per 35 ml	Square ft per 250 ml	Square ft per mixed gallon
2	13	200

### Surface Preparation

3M™ Scotch-Weld™ Structural Plastic Adhesive DP-8005 can bond polypropylene, polyethylene and other thermoplastic polyolefins without special surface preparation. However, all substrates should be clean, dry and free of paint, oxide films, oils, dust, mold release agents and other surface contaminants. The amount of surface preparation directly depends on the bond strength and environmental resistance desired by the user.

The following cleaning methods are suggested for common surfaces.

#### Steel and Aluminum

- 1) Wipe free of dust with oil-free solvent such as acetone or isopropyl alcohol.
- 2) Sandblast or abrade using clean fine grit abrasives (150 grit or finer).
- 3) Wipe again with solvent to remove loose particles.
- 4) If a primer is used, it should be applied within 4 hours after surface preparation (or see instructions pertinent to a specific primer).

**Note:** Aluminum may also be acid etched. Follow the manufacturer's precautions and directions for this procedure.


#### Plastic/Rubber

- 1) Wipe with isopropyl alcohol.\*
- 2) Abrade using fine grit abrasives (150 grit or finer).
- 3) Remove residue by wiping again with isopropyl alcohol.\*
- 4) Allow solvent to evaporate before use.

**\*Note:** When using solvents, be sure to extinguish all ignition sources and follow the manufacturer's precautions and directions for use.

## 3M™ Scotch-Weld™ Structural Plastic Adhesive DP-8005 Translucent • DP-8005 Black

<b>Surface Preparation</b> <i>(continued)</i>	<b>Thermoplastic Polyolefin (TPO)</b> 1) Wipe with isopropyl alcohol.* 2) Allow solvent to evaporate before use.  <b>Glass</b> 1) Solvent wipe surface using acetone or isopropyl alcohol.* 2) Allow solvent to evaporate before use.  *Note: When using solvents, be sure to extinguish all ignition sources and follow the manufacturer's precautions and directions for use.
<b>Storage</b>	For maximum shelf life, store duo-pak cartridges and bulk containers at 40°F (4°C) or below.
<b>Shelf Life</b>	When stored at the recommended temperatures in the original unopened containers, this product has a shelf life of six months from date of shipment.
<b>Precautionary Information</b>	Refer to Product Label and Material Safety Data Sheet for health and safety information before using this product. For additional health and safety information, call 1-800-364-3577 or (651) 737-8501.
<b>Technical Information</b>	The technical information, recommendations and other statements contained in this document are based upon tests or experience that 3M believes are reliable, but the accuracy or completeness of such information is not guaranteed.
<b>Product Use</b>	Many factors beyond 3M's control and uniquely within user's knowledge and control can affect the use and performance of a 3M product in a particular application. Given the variety of factors that can affect the use and performance of a 3M product, user is solely responsible for evaluating the 3M product and determining whether it is fit for a particular purpose and suitable for user's method of application.
<b>Warranty, Limited Remedy, and Disclaimer</b>	Unless an additional warranty is specifically stated on the applicable 3M product packaging or product literature, 3M warrants that each 3M product meets the applicable 3M product specification at the time 3M ships the product. 3M MAKES NO OTHER WARRANTIES OR CONDITIONS, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTY OR CONDITION OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR ANY IMPLIED WARRANTY OR CONDITION ARISING OUT OF A COURSE OF DEALING, CUSTOM OR USAGE OF TRADE. If the 3M product does not conform to this warranty, then the sole and exclusive remedy is, at 3M's option, replacement of the 3M product or refund of the purchase price.
<b>Limitation of Liability</b>	Except where prohibited by law, 3M will not be liable for any loss or damage arising from the 3M product, whether direct, indirect, special, incidental or consequential, regardless of the legal theory asserted, including warranty, contract, negligence or strict liability.

  
This Industrial Adhesives and Tapes Division product was manufactured under a 3M quality system registered to ISO 9001:2000 standards.



**Industrial Adhesives and Tapes Division**  
 3M Center, Building 225-3S-06  
 St. Paul, MN 55144-1000  
 800-362-3550 • 877-369-2923 (Fax)  
 www.3M.com/industrial



*Recycled Paper*  
 40% pre-consumer  
 10% post-consumer

3M and Scotch-Weld are trademarks of 3M Company.  
 Printed in U.S.A.  
 ©3M 2010 78-6900-9926-8 (9/10)



**VHB-4932****Tekniset tiedot**

# 3M

## VHB™ Tape Specialty Tapes

**Technical Data****November 2015****Product Description:**

3M™ VHB™ Tapes provide the convenience and simplicity of a tape fastener and are ideal for use in many interior and exterior bonding applications. In many situations, they can replace rivets, spot welds, liquid adhesives and other permanent fasteners.

These 3M™ VHB™ Tapes are made with acrylic foam which is viscoelastic in nature. This gives the foam energy absorbing and stress relaxing properties which provides these tapes with their unique characteristics. The acrylic chemistry provides outstanding durability performance.

These tapes utilize a variety of specific foam, adhesive, color and release liner types to provide each product/family with specific features. These features can include adhesion to specific or a broad range of materials, conformability, high tensile strength, high shear and peel adhesion, resistance to plasticizer migration, and UL746C recognition. All 3M™ VHB™ Tapes have excellent durability and excellent solvent and moisture resistance.

The tapes included in this data page have unique performance features that are not typically required in most common applications. Please refer to "3M™ VHB™ Tapes" technical data sheet for applications that do not require the special features incorporated in these specialty tapes.

**3M™ VHB™ Tape Products****4950 Family**

This family has general purpose adhesive on both sides of firm type foam. This family is typically used on metal, glass and high surface energy plastic substrates. Available in white and black.

Tape Number	Color	Thickness in (mm)
4914	White	0.010 (0.25)
4920	White	0.015 (0.4)
4929	Black	0.025 (0.6)
4930(F)	White	0.025 (0.6)
4949	Black	0.045 (1.1)
4950	White	0.045 (1.1)
4955	White	0.080 (2.0)
4959(F)	White	0.120 (3.0)

**4945 Family**

This family has multi-purpose adhesive on both sides of firm foam.

Tape Number	Color	Thickness in (mm)
4945	White	0.045 (1.1)
4946	White	0.045 (1.1)

**4910 Family**

This family of clear tapes is excellent for applications where clear or colorless is desired. The general purpose adhesive on both sides is suitable for high surface energy substrates.

Tape Number	Color	Thickness in (mm)
4905	Clear	0.020 (0.5)
4910	Clear	0.040 (1.0)

**4951 Family**

This family of tapes is based around the low temperature applicable acrylic adhesive system, utilized on both firm and conformable foam types. These products are suitable for high surface energy substrates. Available in white (firm foam) and gray (conformable foam).

Tape Number	Color	Thickness in (mm)
4951	White	0.045 (1.1)
4943F	Gray	0.045 (1.1)
4957F	Gray	0.062 (1.6)

**4952 Family**

This family utilizes the low surface energy adhesive on a firm foam.

Tape Number	Color	Thickness in (mm)
4932	White	0.025 (0.6)
4952	White	0.045 (1.1)

**4611 Family**

This family has a general purpose adhesive on both sides of firm foam. This family of tapes is typically used on metal substrates, and has the added feature of high temperature resistance, making it often suitable for bonding prior to high temperature paint processing.

Tape Number	Color	Thickness in (mm)
4611	Dark Gray	0.045 (1.1)
4646	Dark Gray	0.025 (0.6)
4655	Dark Gray	0.062 (1.6)

**4622 Family**

This family has general purpose adhesive on the face side (the side that typically would be bonded first) and multi-purpose adhesive on the liner side (the side exposed when the release liner is removed) of a conformable foam. Available in white.

Tape Number	Color	Thickness in (mm)
4618	White	0.025 (0.6)
4622	White	0.045 (1.1)
4624	White	0.062 (1.6)

(P) or (F) after the product number designate that both a paper and film liner product version are available. [e.g. 4930 (paper liner) and 4930F (film liner). See page 2 for specific details.



### 3M™ VHB™ Tape Specialty Tapes

#### Typical Physical Properties

Note: The following technical information and data should be considered representative or typical only and should not be used for specification purposes.

3M™ VHB™ Tapes				Adhesive and Foam			Release Liner		
Family	Number	Color	Tape Thickness Inches (mm) Tolerance	Adhesive Type	Foam Type	Density lb/ft <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Type	Thickness Inches (mm)	Color
4950	4914	White	0.010 (0.25) ± 15%	Gen Purp	Firm	50 (800)	DK Paper	0.003 (0.08)	White (printed)
	4920	White	0.015 (0.4) ± 15%	Gen Purp	Firm	50 (800)	DK Paper	0.003 (0.08)	White (printed)
	4929	Black	0.025 (0.6) ± 15%	Gen Purp	Firm	50 (800)	Polyester	0.002 (0.05)	Clear
	4930	White	0.025 (0.6) ± 15%	Gen Purp	Firm	50 (800)	DK Paper	0.003 (0.08)	White (printed)
	4930F	White	0.025 (0.6) ± 15%	Gen Purp	Firm	50 (800)	PE Film	0.005 (0.13)	Red
	4949	Black	0.045 (1.1) ± 10%	Gen Purp	Firm	50 (800)	Polyester	0.002 (0.05)	Clear
	4950	White	0.045 (1.1) ± 10%	Gen Purp	Firm	50 (800)	DK Paper	0.003 (0.08)	White (printed)
	4955	White	0.080 (2.0) ± 10%	Gen Purp	Firm	50 (800)	Polyester	0.002 (0.05)	Clear
	4959	White	0.120 (3.0) ± 10%	Gen Purp	Firm	50 (800)	Polyester	0.002 (0.05)	Clear
	4959F	White	0.120 (3.0) ± 10%	Gen Purp	Firm	50 (800)	PE Film	0.005 (0.13)	Red
4945	4945	White	0.045 (1.1) ± 10%	Multi-Purp	Firm	50 (800)	DK Paper	0.003 (0.08)	White (printed)
	4946	White	0.045 (1.1) ± 10%	Multi-Purp	Firm	50 (800)	PE Film	0.005 (0.13)	Clear
4910	4905	Clear	0.020 (0.5) ± 15%	Gen Purp	Solid	60 (960)	PE Film	0.005 (0.13)	Red (printed)
	4910	Clear	0.040 (1.0) ± 10%	Gen Purp	Solid	60 (960)	PE Film	0.005 (0.13)	Red (printed)
4951	4951	White	0.045 (1.1) ± 10%	Low Temp Appl	Firm	50 (800)	Polyester	0.002 (0.05)	Clear
	4943F	Gray	0.045 (1.1) ± 10%	Low Temp Appl	Conform	45 (720)	Polyester	0.002 (0.05)	Clear
	4957F	Gray	0.062 (1.6) ± 10%	Low Temp Appl	Conform	45 (720)	Polyester	0.002 (0.05)	Clear
4952	4932	White	0.025 (0.6) ± 15%	LSE	Firm	50 (800)	DK Paper	0.003 (0.08)	White (printed)
	4952	White	0.045 (1.1) ± 10%	LSE	Firm	50 (800)	DK Paper	0.003 (0.08)	White (printed)
4611	4611	Dk Gray	0.045 (1.1) ± 10%	Gen Purp	Firm	52 (840)	PE Film	0.005 (0.13)	Red
	4646	Dk Gray	0.025 (0.6) ± 15%	Gen Purp	Firm	52 (840)	PE Film	0.005 (0.13)	Red
	4655	Dk Gray	0.062 (1.6) ± 10%	Gen Purp	Firm	52 (840)	PE Film	0.005 (0.13)	Red
4622	4618	White	0.025 (0.6) ± 15%	Gen/Multi Purp	Conform	45 (720)	PE Film	0.004 (0.10)	Green
	4622	White	0.045 (1.1) ± 10%	Gen/Multi Purp	Conform	45 (720)	PE Film	0.004 (0.10)	Green
	4624	White	0.062 (1.6) ± 10%	Gen/Multi Purp	Conform	45 (720)	PE Film	0.004 (0.10)	Green

### 3M™ VHB™ Tape Specialty Tapes

Available Sizes				Maximum Roll Length		
Tape Thickness Inches (mm)	Standard Length yards (meters)	Minimum Width Inches (mm)	Maximum Width Inches (mm)	Width 1/4" up to 3/8" (6.4mm up to 9.5mm) yards (meters)	Width >3/8" up to 1/2" (>9.5mm up to 12.7mm) yards (meters)	Width 1/2" and wider (12.7mm and wider) yards (meters)
0.010 (0.25)	72 (65.8)	0.25 (6)	48 (1219)	72 (65.8)	144 (131.7)	360 (329.2)
0.015 (0.4)	72 (65.8)	0.25 (6)	48 (1219)	144 (131.7)	175 (160.0)	360 (329.2)
0.020 (0.5)	72 (65.8)	0.25 (6)	48 (1219)	72 (65.8)	108 (98.8)	175 (160.0)
0.025 (0.6)	72 (65.8)	0.25 (6)	48 (1219)	72 (65.8)	108 (98.8)	175 (160.0)
0.040 (1.0)	36 (32.9)	0.25 (6)	48 (1219)	72 (65.8)	108 (98.8)	144 (131.7)
0.045 (1.1)	36 (32.9)	0.25 (6)	48 (1219)	72 (65.8)	108 (98.8)	144 (131.7)
0.062 (1.6)	36 (32.9)	0.25 (6)	46 (1168)	72 (65.8)	72 (65.8)	108 (98.8)
0.080 (2.3)	36 (32.9)	0.25 (6)	46 (1168)	36 (32.9)	36 (32.9)	72 (65.8)
0.120 (3.0) (4959)	36 (32.9)	0.5 (13)	46 (1168)	N/A N/A	N/A N/A	36 (32.9)
0.120 (3.0) (4969F)	36 (32.9)	0.25 (6)	46 (1168)	36 (32.9)	36 (32.9)	36 (32.9)

#### Slitting Tolerance

Standard slitting tolerance  $\pm 1/32$  inch ( $\pm 0.031$  inch,  $\pm 0.79$  mm).

Precision slitting with slitting tolerance of  $\pm 1/64$  inch ( $\pm 0.016$  in.,  $\pm 0.41$  mm) is available on select products with minimum order of full web increments.

#### Core Size

All products are provided on a 3 inch ID Core (76.2 mm)

#### Converted Parts

In addition to standard and custom roll sizes available from 3M through the distribution network, 3M™ VHB™ Tapes are also available in limitless shapes and sizes through the 3M Converter network. For additional information, contact 3M Converter Markets at 1-800-223-7427 or on the web at [www.3M.com/converter](http://www.3M.com/converter).

#### Shelf Life

All 3M™ VHB™ Tapes have a shelf life of 24 months from date of shipment when stored at 40°F to 100°F (4°C to 38°C) and 0-95% relative humidity. The optimum storage conditions are 72°F (22°C) and 50% relative humidity.

Performance of tapes is not projected to change even after shelf life expires; however, 3M does suggest that 3M™ VHB™ Tapes are used prior to the shelf life date whenever possible.

The manufacturing date is available on all 3M™ VHB™ Tape cores as the lot number. The lot number, typically a 4 digit code, is a Julian date (Y D D D). The first digit refers to the year of manufacture, the last 3 digits refer to the days after January 1. Example: A lot number of 9266 would translate to a date of manufacture of Sept. 22 (266th day of year) in 2009. On most products this is found as the 4 digits after the "9" following the product number. For tapes printed continuously around the core (e.g. 3M™ VHB™ Tape 5952 family) the lot number typically will be the string of 4 digits preceding the product number.

#### Special Cases:

Plasticized Vinyl – Plasticizers compounded in soft vinyl can migrate into adhesives and significantly change their performance characteristics. 3M™ VHB™ Tapes 4945 family has very good plasticizer resistance and adhesion to many vinyl formulations. Because of the wide variation in vinyl formulations, however, evaluation by the user must be conducted with the specific vinyl used to ensure that performance will be satisfactory over time. Problems related to plasticizer migration can often be predicted by accelerated aging of assembled parts at 150°F (66°C) for one week).

### 3M™ VHB™ Tape Specialty Tapes

#### Typical Performance Characteristics

Note: The following technical information and data should be considered representative or typical only and should not be used for specification purposes.

3M™ VHB™ Tapes				Dynamic Adhesion Performance		
Family	Product Number	Color	Thickness Inches	90° Peel Adhesion lb/in N/cm	Normal Tensile lb/in² kPa	Dynamic Overlap Shear lb/in² kPa
4950	4914	White	0.010	13 (23)	130 (900)	130 (900)
	4920	White	0.015	15 (26)	160 (1100)	100 (690)
	4929	Black	0.025	20 (35)	160 (1100)	100 (690)
	4930(F)	White	0.025	20 (35)	160 (1100)	100 (690)
	4949	Black	0.045	25 (44)	140 (970)	80 (550)
	4950	White	0.045	25 (44)	140 (970)	80 (550)
	4955	White	0.080	20 (35)	95 (660)	70 (480)
	4959(F)	White	0.062	20 (35)	75 (520)	55 (380)
4945	4945	White	0.045	25 (44)	140 (970)	80 (550)
	4946	White	0.045	25 (44)	140 (970)	80 (550)
4910	4905	Clear	0.020	12 (21)	100 (690)	70 (480)
	4910	Clear	0.040	15 (26)	100 (690)	70 (480)
4951	4951	White	0.045	18 (32)	110 (760)	80 (550)
	4943F	Gray	0.045	20 (35)	85 (590)	70 (480)
	4957F	Gray	0.062	20 (35)	75 (520)	70 (480)
4952	4932	White	0.025	20 (35)	100 (690)	100 (690)
	4952	White	0.045	25 (44)	80 (550)	80 (550)
4611	4611	Dk Gray	0.045	18 (32)	90 (620)	65 (450)
	4646	Dk Gray	0.025	15 (26)	100 (690)	80 (550)
	4655	Dk Gray	0.062	18 (32)	80 (550)	60 (410)
4622	4916	White	0.025	17 (30)	85 (590)	80 (550)
	4622	White	0.045	20 (35)	70 (480)	65 (450)
	4624	White	0.062	20 (35)	55 (380)	60 (410)



**90° Peel Adhesion** - Based on ASTM D3330 - To stainless steel, room temperature, jaw speed 12 in/min (304.8 mm/min). Average force to remove is measured. 72 hour dwell.



**Normal Tensile** (T-Block Tensile) - ASTM D-897 - To aluminum, room temperature, 1 in² (6.45 cm²), jaw speed 2 in/min (50.8 mm/min) Peak force to separate is measured. 72 hour dwell.



**Dynamic Overlap Shear** - ASTM D-1002 - To stainless steel, room temperature, 1 in² (6.45 cm²), jaw speed 0.5 in/min (12.7 mm/min) Peak force to separate is measured. 72 hour dwell.

### 3M™ VHB™ Tape Specialty Tapes

#### Typical Performance Characteristics

**Note:** The following technical information and data should be considered representative or typical only and should not be used for specification purposes.

3M™ VHB™ Tapes				Static Shear					Temperature Tolerance	
Family	Product Number	Color	Thickness Inches	72°F (22°C)	150°F (66°C)	200°F (93°C)	250°F (121°C)	350°F (177°C)	Short Term (Minutes, Hours) °F (°C)	Long Term (Days, Weeks) °F (°C)
<b>4950</b>	4914	White	0.010	1500	500	500			300 (149)	200 (93)
	4920	White	0.015	1500	500	500			300 (149)	200 (93)
	4929	Black	0.025	1500	500	500			300 (149)	200 (93)
	4930(F)	White	0.025	1500	500	500			300 (149)	200 (93)
	4949	Black	0.045	1500	500	500			300 (149)	200 (93)
	4950	White	0.045	1500	500	500			300 (149)	200 (93)
	4955	White	0.080	1500	1000	750	750	750	400 (204)	300 (149)
	4959(F)	White	0.120	1500	1000	750	750	750	400 (204)	300 (149)
<b>4945</b>	4945	White	0.045	1500	500	500			300 (149)	200 (93)
	4946	White	0.045	1500	500	500			300 (149)	200 (93)
<b>4910</b>	4905	Clear	0.020	1000	500	500			300 (149)	200 (93)
	4910	Clear	0.040	1000	500	500			300 (149)	200 (93)
<b>4951</b>	4951	White	0.045	1250	500	500			300 (149)	200 (93)
	4943F	Gray	0.045	1000	500	500			300 (149)	200 (93)
	4957F	Gray	0.062	1000	500	500			300 (149)	200 (93)
<b>4952</b>	4932	White	0.025	1500	500				200 (93)	160 (71)
	4952	White	0.045	1500	500				200 (93)	160 (71)
<b>4611</b>	4611	Dk Gray	0.045	1500	750	750	750	750	450 (232)	300 (149)
	4646	Dk Gray	0.025	1500	750	750	750	750	450 (232)	300 (149)
	4655	Dk Gray	0.062	1500	750	750	750	750	450 (232)	300 (149)
<b>4622</b>	4616	White	0.025	1000	250	250			250 (121)	200 (93)
	4622	White	0.045	1000	250	250			250 (121)	200 (93)
	4624	White	0.062	1000	250	250			250 (121)	200 (93)

**Static Shear** - ASTM D3654 - To stainless steel, tested at various temperatures and gram loadings. 0.5 in<sup>2</sup> (3.23 cm<sup>2</sup>). Will hold listed weight for 10,000 minutes (approximately 7 days). Conversion: 1500 g/0.5 in<sup>2</sup> equals 6.6 lb/in<sup>2</sup>; 500 g/0.5 in<sup>2</sup> = 2.2 lb/in<sup>2</sup>.

**Short Term Temperature Tolerance** - No change in room temperature dynamic shear properties following 4 hours conditioning at indicated temperature with 100 g/static load. (Represents minutes, hours in a process type temperature exposure).

**Long Term Temperature Tolerance** - Maximum temperature where tape supports at least 250 g load per 0.5 in<sup>2</sup> in static shear for 10,000 minutes. (Represents continuous exposure for days or weeks).

### 3M™ VHB™ Tape Specialty Tapes

#### Additional Typical Performance Characteristics

**Note:** The following technical information and data should be considered representative or typical only and should not be used for specification purposes.

	3M™ VHB™ Tape			Units	Test Standard
	4950	4910	4611		
Dielectric Constant	2.28 1.99	3.21 2.68	2.80 2.43	at 1 kHz at 1MHz	ASTM D150 ASTM D150
Dissipation Factor	0.0227 0.0370	0.0214 0.0595	0.0130 0.0564	at 1 kHz at 1MHz	ASTM D150 ASTM D150
Dielectric Breakdown Strength	18 (460)	25 (630)	13 (330)	V/μm (V/mil)	ASTM D140
Thermal Conductivity (k value)	0.09 (0.6)	0.16 (1.1)	0.11 (0.8)	W/mK (BTU•in/hr•ft²•°F)	
Volume Resistivity	1.5 x 10 <sup>15</sup>	3.1 x 10 <sup>15</sup>	1.4 x 10 <sup>15</sup>	Ω-cm	ASTM D257
Surface Resistivity	>10 <sup>16</sup>	>10 <sup>16</sup>	>10 <sup>16</sup>	Ω/sq	ASTM D257
Water Vapor Transmission Rate	14.0			g/m²•day	ASTM F1249 at 38°C/100% RH
Thermal Properties of Modeling					
Thermal Coefficient of Expansion	180 (100)			10 <sup>-6</sup> m/m/°C (10 <sup>-6</sup> in/in/°F)	
Shear Modulus (at 25°C, 1 Hz)	6 x 10 <sup>9</sup>			Pa	
Poisson's Ratio	0.49				

#### 3M™ VHB™ Tapes UL746C Listings - File MH 17478

Category 000W2 Component - Polymeric Adhesive Systems, Electrical Equipment

3M™ VHB™ Tapes/ Product Families	Substrates	Temperature Rating	
		Minimum	Maximum
4914, 4920, 4930, 4950	Aluminum, Galvanized Steel, Enameled Steel, Stainless Steel, Ceramic, Glass/Epoxy	-35°C	110°C
	PBT	-35°C	90°C
	ABS, Polycarbonate, Rigid PVC	-35°C	75°C
4920, 4930, 4950, 4955, 4959, 4959F	Acrylic	-35°C	90°C
	Glass / Galvanized Steel*, Glass / Glass*, Galvanized Steel / Aluminum*, Aluminum / Aluminum*	-35°C	120°C
	Phenolic, Aluminum, Galvanized Steel, Alkyd Enamel, Enameled Steel	-35°C	110°C
4945	ABS, Polycarbonate, Polyamide, Stainless Steel, Acrylic/Polyurethane Paint, Polyester Paint	-35°C	90°C
	Unplasticized PVC	-35°C	75°C
	Polycarbonate, Aluminum, Acrylic/Polyurethane Paint	-35°C	90°C
4905, 4910	Polycarbonate, Aluminum, Acrylic/Polyurethane Paint	-35°C	90°C
	Stainless Steel, Aluminum, Galvanized Steel, Glass, Glass/Epoxy, Phenolic	-35°C	110°C
	Nylon, Polycarbonate	-35°C	90°C
4611, 4646, 4655	Stainless Steel, Aluminum, Galvanized Steel, Glass, Glass/Epoxy, Phenolic	-35°C	110°C
	ABS, Rigid PVC	-35°C	75°C

\*Substrates can be used with or without primer(s)/Coating, 3M Silane Coating, 3M Adhesion Promoter 4288UV and 3M Tape Primer 94 are used with glass substrate, 3M Primer AP111, 3M Adhesion Promoter 4288UV and 3M Tape Primer 94 are used with aluminum and galvanized steel substrates.

#### Outgassing

3M™ VHB™ Tapes	% TML	%VCM	%WVR
4930	0.77	0.01	0.21
4932	2.41	0.66	0.23
4945	1.24	0.01	0.19

TML - Total Mass Loss

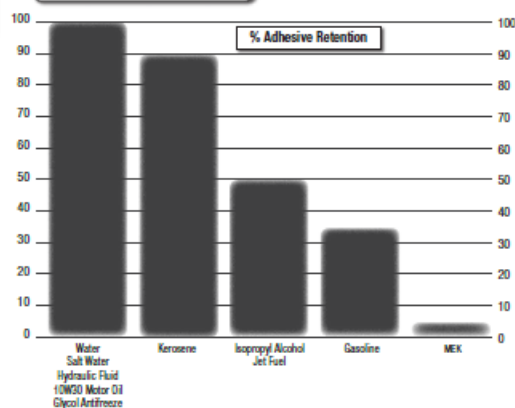
VCM - Volatile Condensable Materials

WVR - Water Vapor Regained

NASA Reference Publication, "Outgassing Data for Selecting Spacecraft Materials", (11/18/2004)

Available online at <http://outgassing.nasa.gov>

#### Solvent and Fuel Resistance



#### Test Method

- Tape between stainless steel and aluminum foil
- 72 hours dwell at room temperature
- Solvent immersion for 72 hours
- Test within 45 minutes after removing from solvent
- 90° peel angle
- 12 in/min rate of peel
- Peel adhesion compared to control

**Note:** Continuous submersion in chemical solutions is not recommended. The above information is presented to show that occasional chemical contact should not be detrimental to tape performance in most applications in ordinary use.

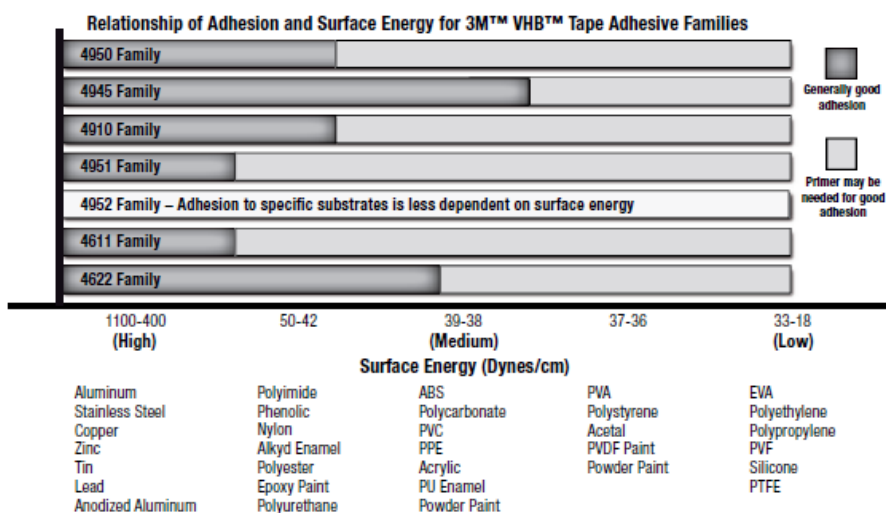
## 3M™ VHB™ Tape Specialty Tapes

### Design and Tape Selection Considerations

- **Choose the right tape for the substrate:** Adhesives must flow onto the substrate surfaces in order to achieve intimate contact area and allow the molecular force of attraction to develop. The degree of flow of the adhesive on the substrate is largely determined by the surface energy of the substrate.



This illustration demonstrates the effect of surface energy on adhesive interfacial contact. High surface energy materials draw the adhesive closer for high bond strength.



**NOTES:** There are a wide variety of formulations, surfaces finishes and surface treatments available on substrate materials which can affect adhesion. This chart is intended to provide only a rough estimate of the adhesion levels which can be expected on some common materials relative to a reference surface such as aluminum. Foam type can affect and/or limit maximum adhesive strength.

- **Use the right tape thickness:** The necessary thickness of tape depends on the rigidity of substrates and their flatness irregularity. While the 3M™ VHB™ Tapes will conform to a certain amount of irregularity, they will not flow to fill gaps between the materials. For bonding rigid materials with normal flatness, consider use of tapes with thickness of 45 mils (1.1 mm) or greater. As the substrate flexibility increases thinner tapes can be considered.
- **Use the right amount of tape:** Because 3M™ VHB™ Tapes are viscoelastic by nature their strength and stiffness is a function of the rate at which they are stressed. They behave stronger with relatively faster rate of stress load (dynamic stresses) and will tend to show creep behavior with stress load acting over a long period of time (static stresses). As a general rule, for **static loads**, approximately four square inches of tape should be used for each pound (57 cm<sup>2</sup> of tape per kg) of weight to be supported in order to prevent excessive creep. For **dynamic loads**, the dynamic performance characteristics provided on page 4 should be useful, factoring in the appropriate safety factors.
- **Allow for thermal expansion/contraction:** 3M™ VHB™ Tapes can perform well in applications where two bonded surfaces may expand and contract differentially. Assuming good adhesion to the substrates, the tapes can typically tolerate differential movement in the shear plane up to 3 times their thickness.
- **Bond Flexibility:** While an advantage for many applications where allowing differential movement is a benefit, the tape bonds are typically more flexible than alternative bonding methods. Suitable design modifications or periodic use of rigid fasteners or adhesives may be needed if additional stiffness is required.
- **Severe Cold Temperature:** Applications which require performance at severe cold temperatures must be thoroughly evaluated by the user if the intended use will subject the tape product to high impact stresses. A technical bulletin "3M™ VHB™ Tape Cold Temperature Performance" (70-0707-3991-0) is available for additional information.



## 3M™ VHB™ Tape Specialty Tapes

### Application Techniques

- **Clean:** Most substrates are best prepared by cleaning with a 50:50 mixture of isopropyl alcohol (IPA\*) and water prior to applying 3M™ VHB™ Tapes.

Exceptions to the general procedure that may require additional surface preparation include:

- **Heavy Oils:** A degreaser or solvent-based cleaner may be required to remove heavy oil or grease from a surface and should be followed by cleaning with IPA/water.
- **Abrasion:** Abrading a surface, followed by cleaning with IPA/water, can remove heavy dirt or oxidation and can increase surface area to improve adhesion. Abrasion is not suggested with 3M™ VHB™ Tapes 4932 and 4952.
- **Adhesion Promoters:** Priming a surface can significantly improve initial and ultimate adhesion to many materials such as plastics and paints.
- **Porous surfaces:** Most porous and fibred materials such as wood, particleboard, concrete, etc. need to be sealed to provide a unified surface.
- **Unique Materials:** Special surface preparation may be needed for glass and glass-like materials, copper and copper containing metals, and plastics or rubber that contain components that migrate (e.g. plasticizers).

Refer to 3M Technical Bulletin "Surface Preparation for 3M™ VHB™ Tape Applications" for additional details and suggestions. (70-0704-8701-5)

\***Note:** These cleaner solutions contain greater than 250 g/l of volatile organic compounds (VOC). Please consult your local Air Quality Regulations to be sure the cleaner is compliant. When using solvents, be sure to follow the manufacturer's precautions and directions for use when handling such materials.

- **Pressure:** Bond strength is dependent upon the amount of adhesive-to-surface contact developed. Firm application pressure develops better adhesive contact and helps improve bond strength. Typically, good surface contact can be attained by applying enough pressure to insure that the tape experiences approximately 15 psi (100 kPa) pressure. Either roller or platen pressure can be used. Note that rigid surfaces may require 2 or 3 times that much pressure to make the tape experience 15 psi.

- **Temperature:** Ideal application temperature range is 70°F to 100°F (21°C to 38°C). Pressure sensitive adhesives use viscous flow to achieve substrate contact area. Minimum suggested application temperatures:

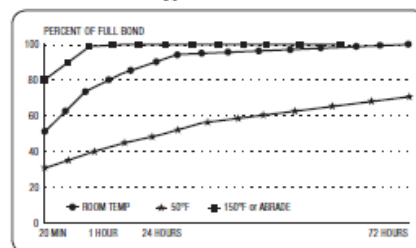
- 50°F (10°C): 3M™ VHB™ Tapes 4950, 4910, 4952, 4611, 4622 families.
- 60°F (15°C): 3M™ VHB™ Tape 4945 family.
- 32°F (0°C): 3M™ VHB™ Tape 4951 family.

**Note:** Initial tape application to surfaces at temperatures below these suggested minimums is not recommended because the adhesive becomes too firm to adhere readily. However, once properly applied, low temperature holding is generally satisfactory.

To obtain good performance with all 3M™ VHB™ Tapes, it is important to ensure that the surfaces are dry and free of condensed moisture.

- **Time:** After application, the bond strength will increase as the adhesive flows onto the surface (also referred to as "wet out"). At room temperature approximately 50% of ultimate bond strength will be achieved after 20 minutes, 90% after 24 hours and 100% after 72 hours. This flow is faster at higher temperatures and slower at lower temperatures. Ultimate bond strength can be achieved more quickly (and in some cases bond strength can be increased) by exposure of the bond to elevated temperatures (e.g. 150°F [66°C] for 1 hour). This can provide better adhesive wetout onto the substrates. Abrasion of the surfaces or the use of primers/ adhesion promoters can also have the effect of increasing bond strength and achieving ultimate bond strength more quickly.

Bond Typical Build vs. Time



**3M™ VHB™ Tape Specialty Tapes****Technical Information**

The technical information, recommendations and other statements contained in this document are based upon tests or experience that 3M believes are reliable, but the accuracy or completeness of such information is not guaranteed.

**Product Use**

Many factors beyond 3M's control and uniquely within user's knowledge and control can affect the use and performance of a 3M product in a particular application. Given the variety of factors that can affect the use and performance of a 3M product, user is solely responsible for evaluating the 3M product and determining whether it is fit for a particular purpose and suitable for user's method of application.

**Limited Remedy**

3M warrants for 24 months from the date of shipment that 3M™ VHB™ Tape will be free of defects in material and manufacture. 3M MAKES NO OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. This limited warranty does not cover damage resulting from the use or inability to use 3M™ VHB™ Tape due to misuse, workmanship in application, or application or storage not in accordance with 3M recommended procedures. AN APPLICATION WARRANTY EXPRESSLY APPROVED AND ISSUED BY 3M IS AN EXCEPTION. THE CUSTOMER MUST APPLY FOR A SPECIFIC APPLICATION WARRANTY AND MEET ALL WARRANTY AND PROCESS REQUIREMENTS TO OBTAIN AN APPLICATION WARRANTY. CONTACT 3M FOR MORE INFORMATION ON APPLICATION WARRANTY TERMS AND CONDITIONS.

**Limitation of Remedies and Liability**

If the 3M™ VHB™ Tape is proved to be defective within the warranty period stated above, THE EXCLUSIVE REMEDY, AT 3M'S OPTION, SHALL BE TO REFUND THE PURCHASE PRICE OF OR TO REPAIR OR REPLACE THE DEFECTIVE 3M™ VHB™ TAPE. 3M shall not otherwise be liable for loss or damages, whether direct, indirect, special, incidental, or consequential, regardless of the legal theory asserted, including negligence, warranty, or strict liability.

**ISO 9001**

This Industrial Adhesives and Tapes Division product was manufactured under a 3M quality system registered to ISO 9001 standards.

**Industrial Adhesives and Tapes Division**

3M Center, Building 225-3S-06  
St. Paul, MN 55144-1000  
800-362-3550 • 877-369-2923 (Fax)  
www.3M.com/vhb

3M and VHB are trademarks of 3M Company.  
Printed in U.S.A.  
©3M 2015 (11/15)



## Vetolujuuskäyrät

### Loctite 406 1/5

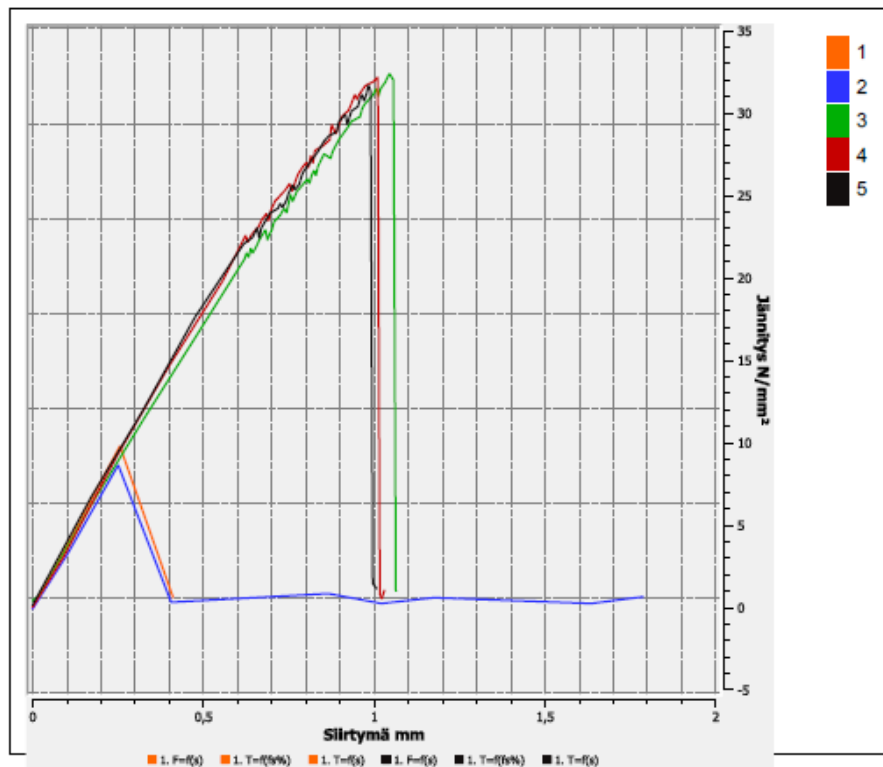
Koestaja Jukka Sulin

### KOETULOKSET

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	103.000	10.000	4.000	40.000
2	0.000	0.000	101.000	10.000	4.000	40.000
3	0.000	0.000	101.000	10.000	4.000	40.000
4	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
5	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:05	-0.250	-0.250		0	0.000	-0.010
2		00:00:03	-0.600	-0.600		0	0.000	-0.024
3		00:00:26	32.450	32.450		19.09405	7.562	1.298
4		00:00:24	32.250	32.250		18.8225	7.529	1.290
5		00:00:23	31.975	31.975		17.9475	7.179	1.279



## Loctite 4090

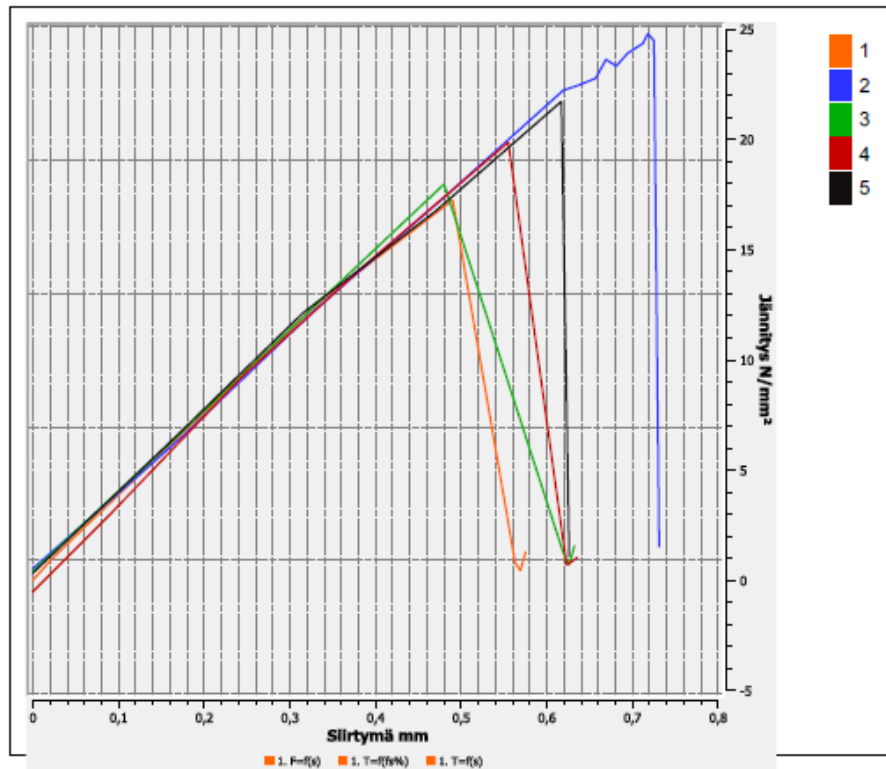
## KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>o</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
2	0.000	0.000	103.000	10.000	4.000	40.000
3	0.000	0.000	99.000	10.000	4.000	40.000
4	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
5	0.000	0.000	101.000	10.000	4.000	40.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:04	17.250	17.250		3.6625	1.465	0.690
2		00:00:09	24.800	24.800		3.64105	1.414	0.992
3		00:00:04	20.575	20.575		3.61845	1.462	0.823
4		00:00:03	19.875	19.875		3.6825	1.473	0.795
5		00:00:04	21.725	21.725		3.522375	1.395	0.869



Loctite 4902

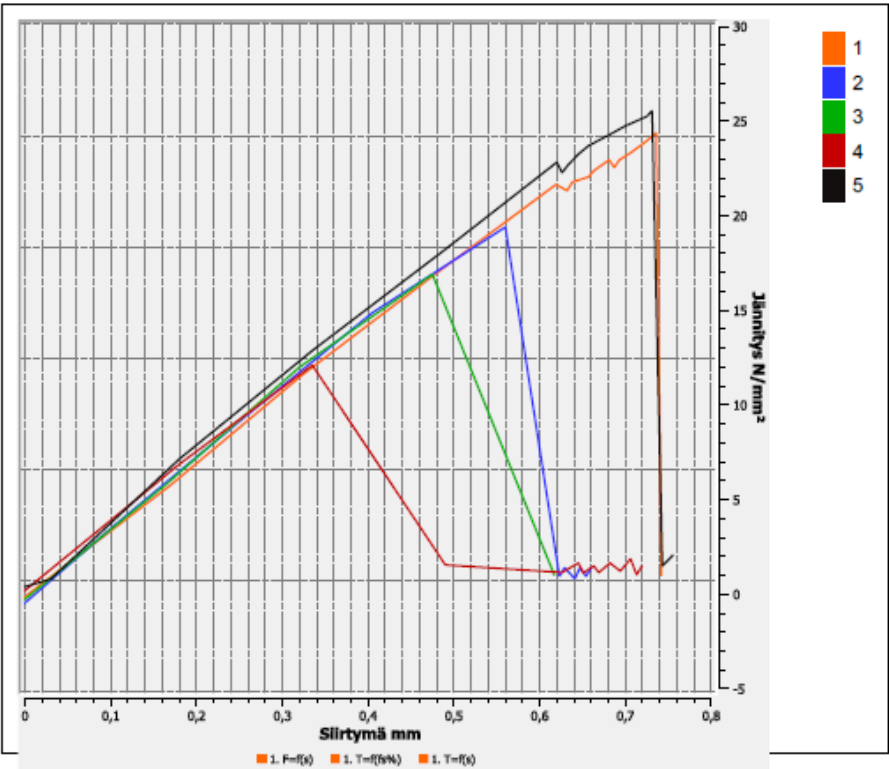
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	103.000	10.000	4.000	40.000
2	0.000	0.000	103.000	10.000	4.000	40.000
3	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
4	0.000	0.000	103.000	10.000	4.000	40.000
5	0.000	0.000	101.000	10.000	4.000	40.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:09	24.400	24.400		3.669375	1.425	0.976
2		00:00:05	19.400	19.400		3.746625	1.455	0.776
3		00:00:04	19.500	19.500		3.61	1.444	0.780
4		00:00:07	1.875	1.875		0.28325	0.110	0.075
5		00:00:10	25.675	25.675		3.673875	1.455	1.027



Leikkauslujuuskäyrät

Loctite 406 PREPERM L300

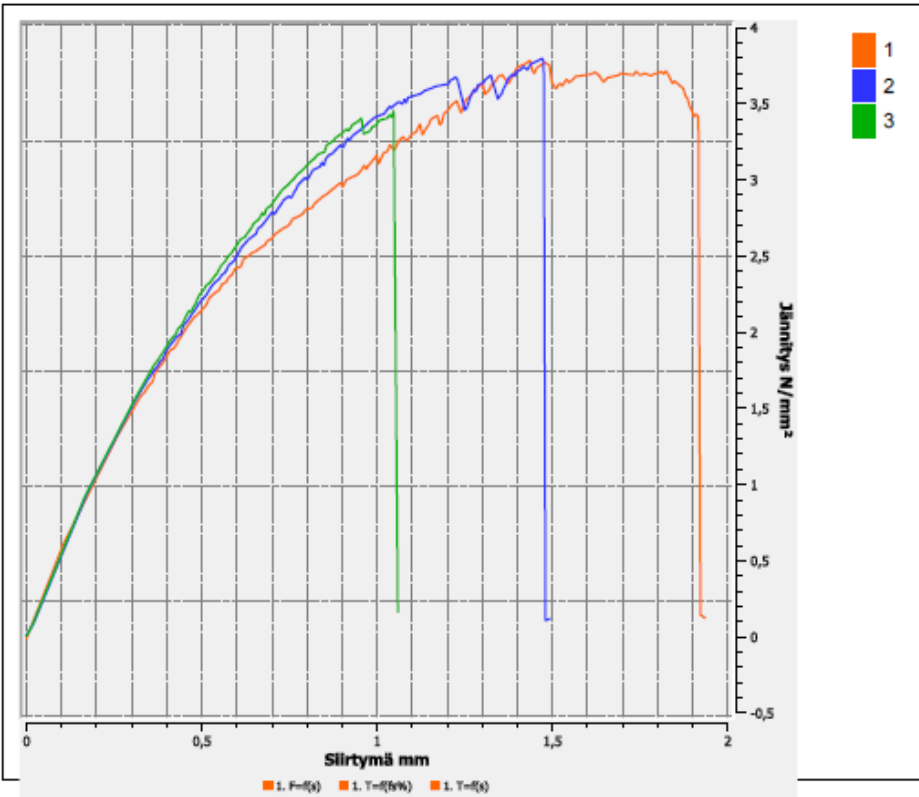
Koestaja    Jukka Sulin

KOETULOKSET

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	40.000	28.000	30.000	840.000
2	0.000	0.000	40.000	28.000	30.000	840.000
3	0.000	0.000	40.000	28.000	30.000	840.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:01:24	3.787	0.126		0.216904761904762	4.555	3.181
2		00:01:10	3.711	0.107		0.208380952380952	4.376	3.190
3		00:00:39	3.456	0.129		0.211047619047619	4.432	2.903



# Loctite 406 PREPERM L300 / Alumiini

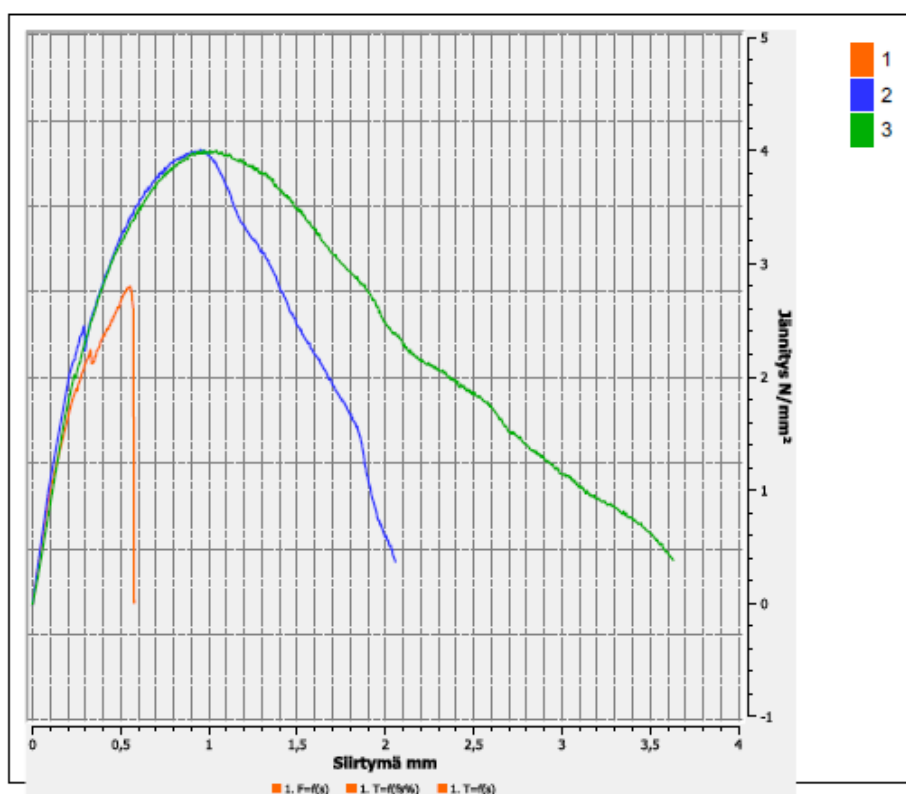
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	43.000	27.000	30.000	810.000
2	0.000	0.000	47.000	27.000	30.000	810.000
3	0.000	0.000	43.000	27.000	30.000	810.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:35	2.623	-0.002		0.390291358024691	7.352	2.269
2		00:03:26	2.620	2.227		0.477543209876543	8.230	3.250
3		00:06:21	3.962	3.509		0.386681481481481	7.284	3.250



# Loctite 406 PREPERM L300 / RST

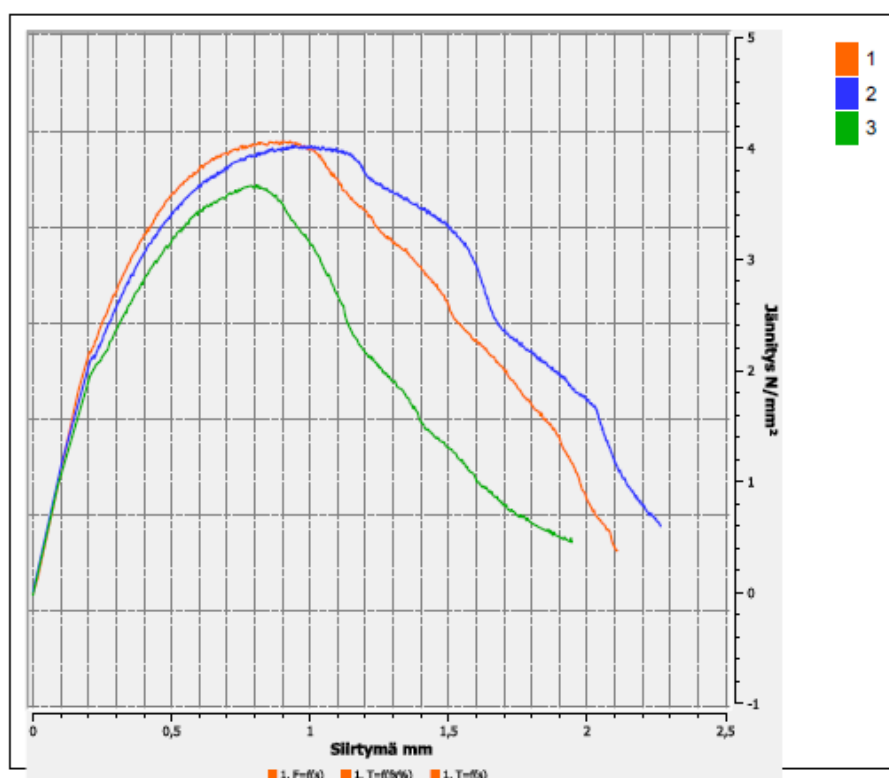
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	40.000	27.000	30.000	810.000
2	0.000	0.000	38.000	27.000	30.000	810.000
3	0.000	0.000	38.000	27.000	30.000	810.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:03:34	3.978	3.465		0.4453333333333333	9.018	3.294
2		00:06:52	3.878	3.664		0.392479012345679	8.366	3.267
3		00:02:55	3.647	1.978		0.379249382716049	8.084	2.975



# Loctite 4902 PREPERM L300

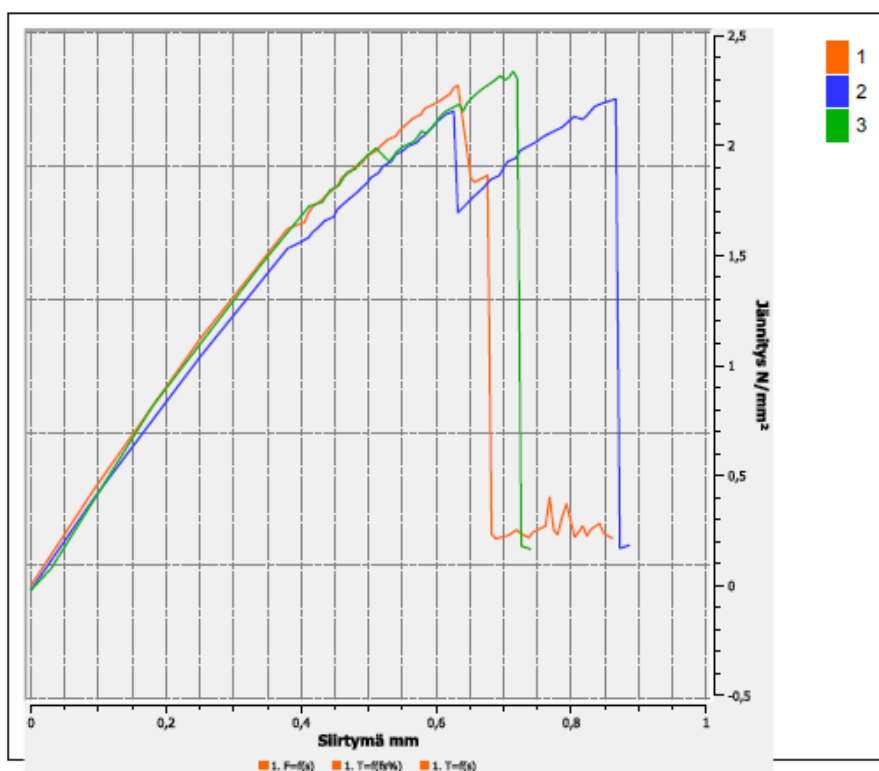
## KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000
2	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000
3	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:27	2.274	0.202		0.200222222222222	3.604	1.842
2		00:00:28	2.156	0.158		0.187333333333333	3.372	1.791
3		00:00:19	2.337	2.337		0.572111111111111	10.298	1.893



# Loctite 4902 PREPERM L300 / Alumiini

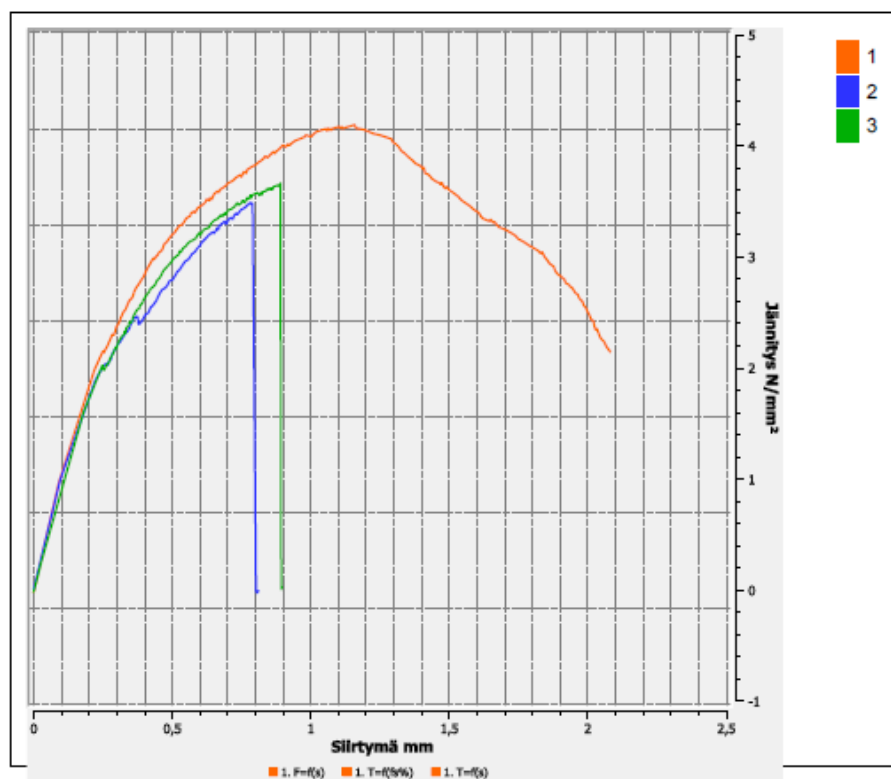
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>c</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000
2	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000
3	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:02:13	4.035	3.496		0.432944444444444	7.793	3.394
2		00:00:46	3.493	3.493		1.55438888888889	27.979	2.829
3		00:01:14	3.652	-0.002		0.404388888888889	7.279	2.972





# Loctite 4902 PREPERM L300 / RST

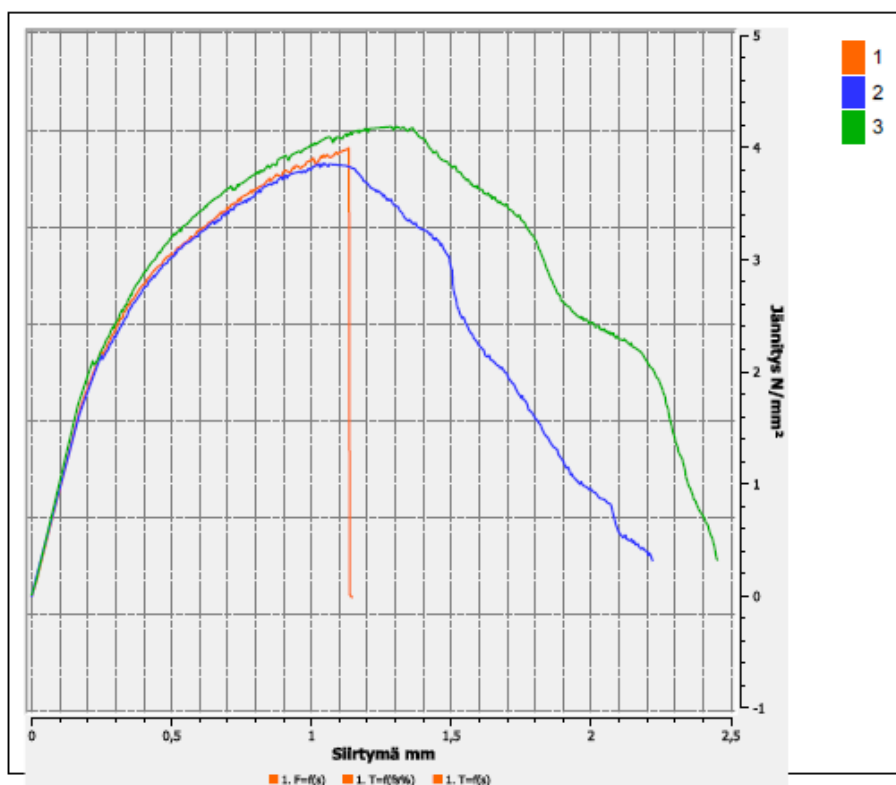
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	44.000	27.000	30.000	810.000
2	0.000	0.000	44.000	27.000	30.000	810.000
3	0.000	0.000	44.000	27.000	30.000	810.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:01:23	3.637	0.004		0.425550617283951	7.834	3.240
2		00:02:46	3.547	3.316		0.419195061728395	7.717	3.128
3		00:03:25	3.786	3.585		0.451353086419753	8.309	3.397



# Loctite 4090 PREPERM L 300

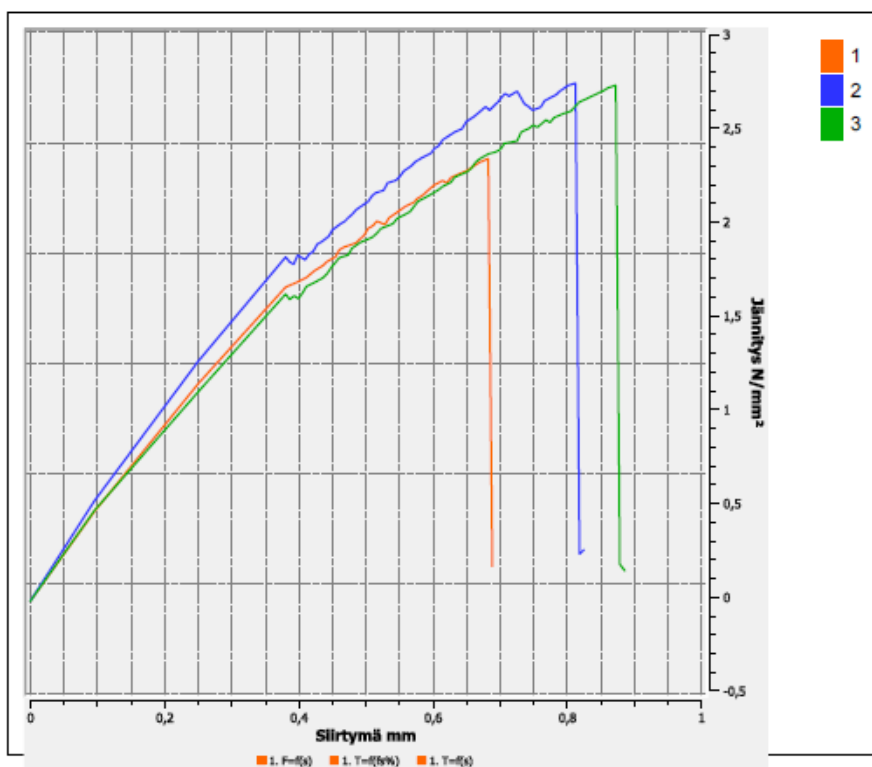
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	44.000	27.000	30.000	810.000
2	0.000	0.000	44.000	27.000	30.000	810.000
3	0.000	0.000	44.000	27.000	30.000	810.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:19	2.338	2.338		0.553693827160494	10.193	1.894
2		00:00:27	2.741	2.741		0.74159012345679	13.652	2.220
3		00:00:28	2.730	2.730		0.68563950617284	12.622	2.211



# Loctite 4090 PREPERM L300 / Alumiini

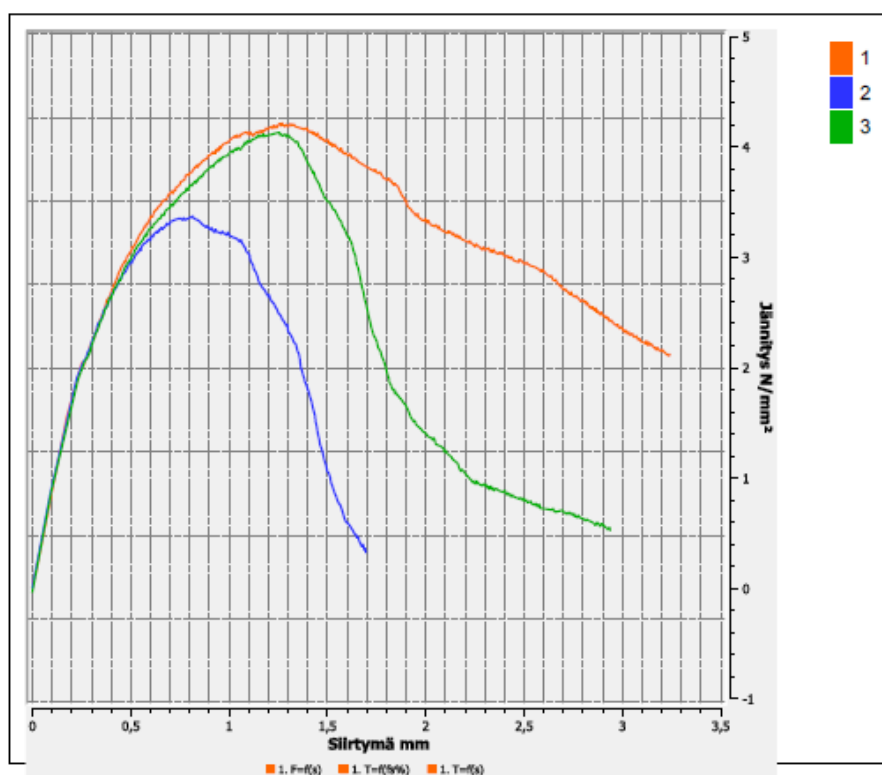
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000
2	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000
3	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:04:34	4.109	3.779		0.395222222222222	7.114	3.416
2		00:02:04	3.368	2.232		0.399944444444444	7.199	2.732
3		00:03:30	4.072	1.722		0.3905	7.029	3.347



# Loctite 4090 PREPERM L300 / RST

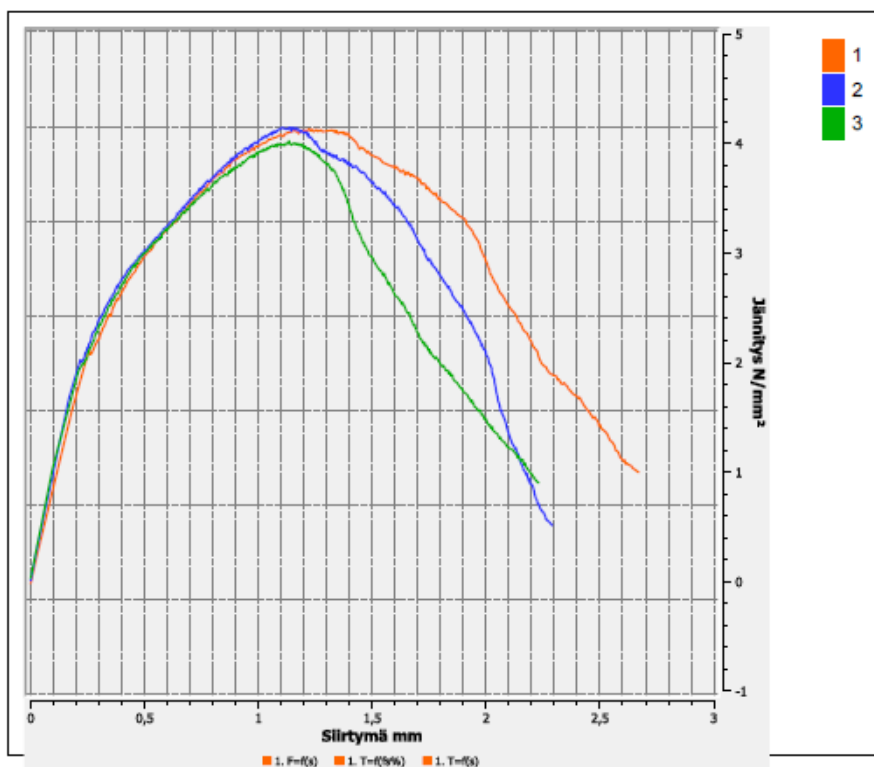
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000
2	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000
3	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:02:33	4.100	3.347		0.3922777777777778	7.061	3.349
2		00:04:22	3.981	3.419		0.4457222222222222	8.023	3.365
3		00:04:12	3.602	3.331		0.4325555555555556	7.786	3.263



Loctite 3038 PREPERM L300

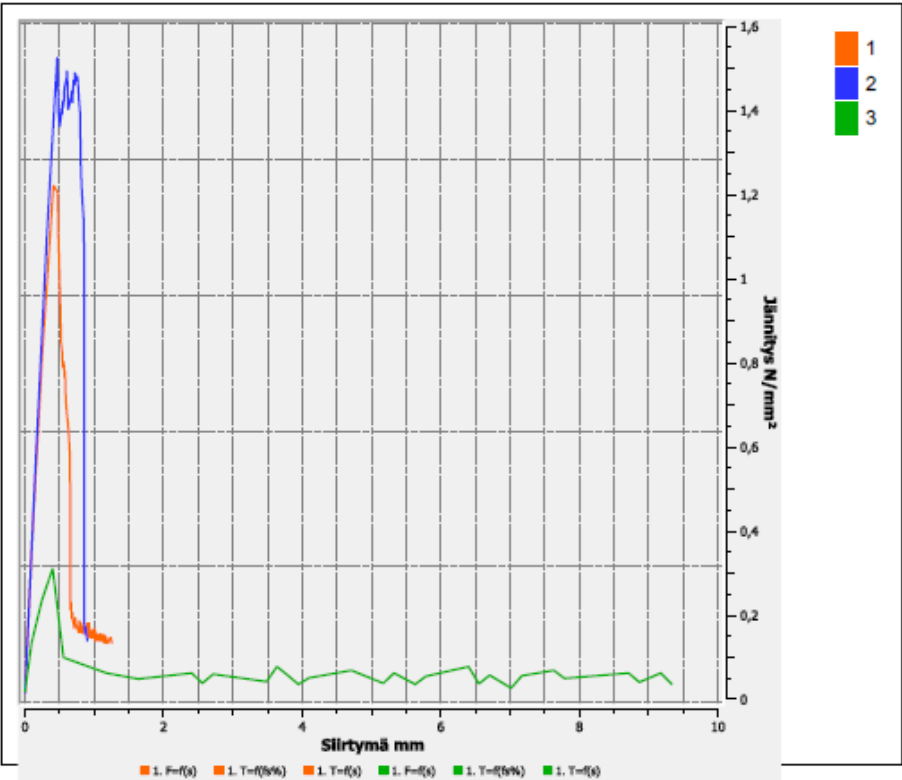
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	28.000	28.000	784.000
2	0.000	0.000	45.000	28.000	28.000	784.000
3	0.000	0.000	45.000	28.000	28.000	784.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:43	1.328	1.328		0.226492346938776	3.946	1.041
2		00:00:24	1.527	1.527		0.400637755102041	6.980	1.197
3		00:00:20	0.001	0.001		0	0.000	0.001



Loctite 3038 PREPERM L300 / Alumiini

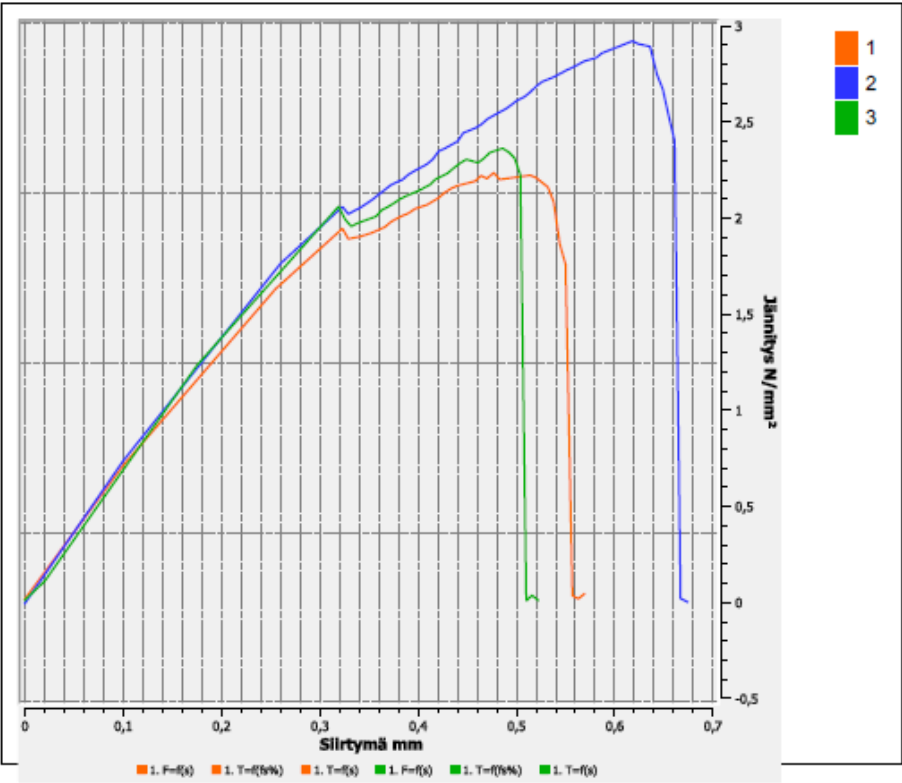
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	28.000	29.000	812.000
2	0.000	0.000	45.000	28.000	29.000	812.000
3	0.000	0.000	45.000	28.000	29.000	812.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:15	2.236	0.020		0.309070197044335	5.577	1.816
2		00:00:21	2.921	-0.001		0.322647783251232	5.822	2.372
3		00:00:13	2.363	2.363		0.616588669950739	11.126	1.919



Loctite 3038 PREPERM L300 / RST

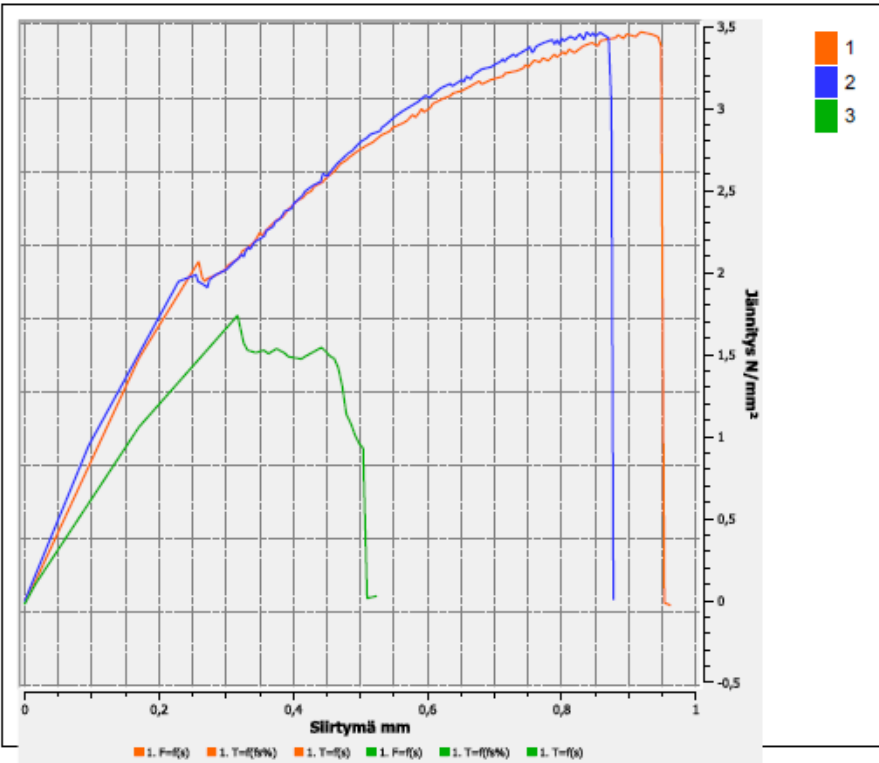
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000
2	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000
3	0.000	0.000	45.000	27.000	30.000	810.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:52	3.430	0.007		0.390166666666667	7.023	2.811
2		00:00:59	2.433	2.154		0.394888888888889	7.108	2.809
3		00:00:12	1.738	1.738		0.457277777777778	8.231	1.408



DP-8005 PREPERM L300

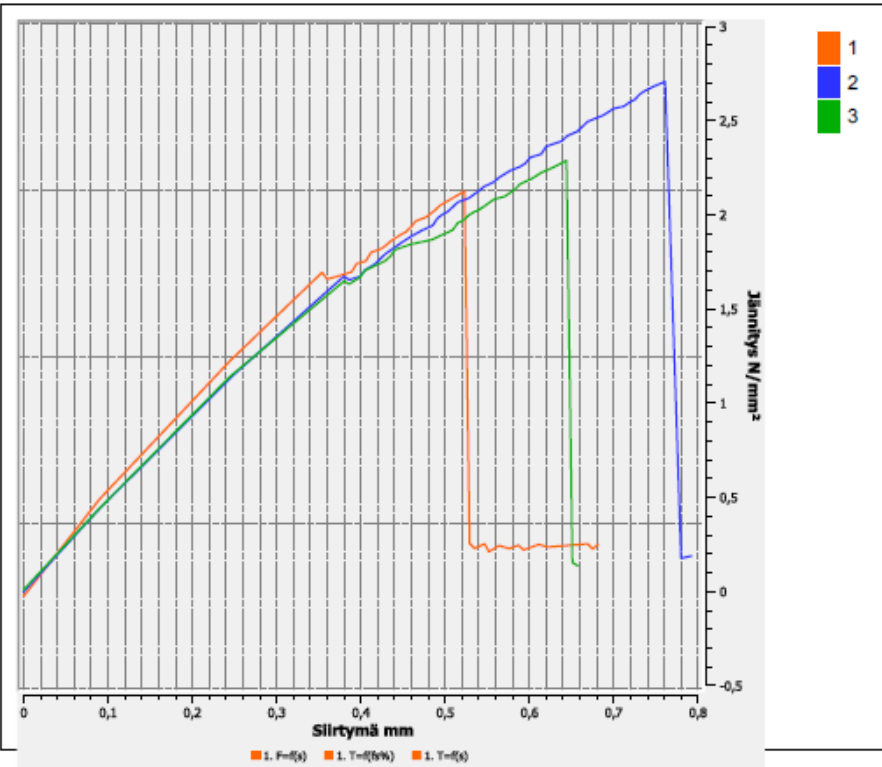
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	41.000	27.000	31.000	837.000
2	0.000	0.000	42.000	27.000	31.000	837.000
3	0.000	0.000	42.000	27.000	31.000	837.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/ mm <sup>2</sup>	ReH N/ mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:19	2.125	2.125		0.538780167264038	10.999	1.779
2		00:00:23	2.726	2.726		0.625182795698925	12.459	2.282
3		00:00:17	2.289	2.289		0.505405017921147	10.072	1.916





DP-8005 PREPERM L300 / Alumiini

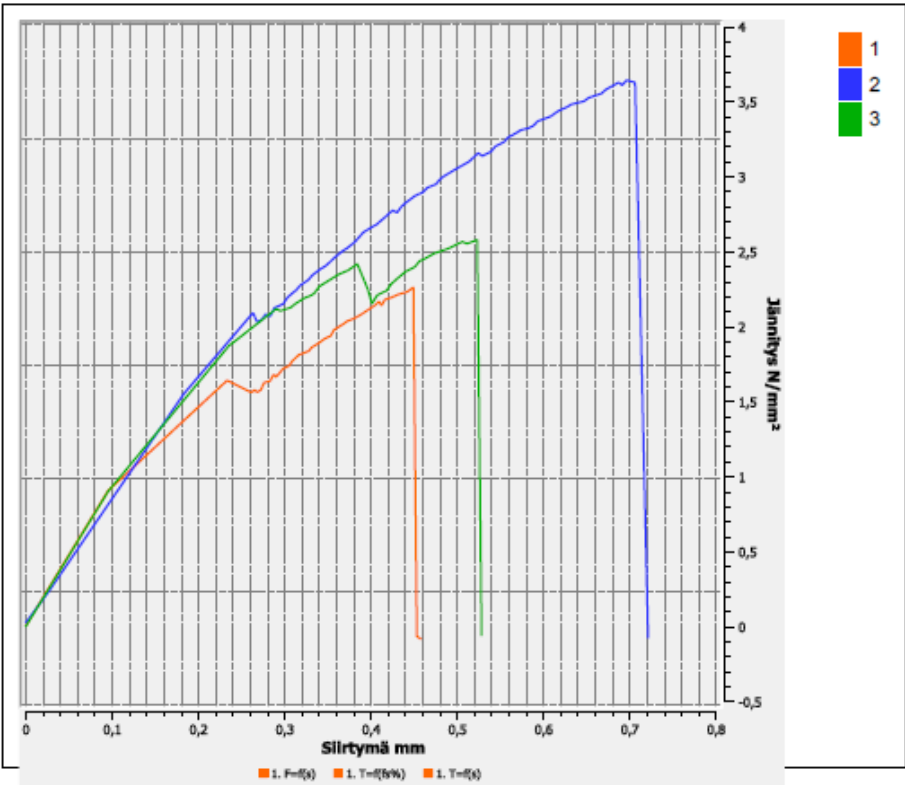
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	42.000	27.000	29.000	783.000
2	0.000	0.000	42.000	27.000	29.000	783.000
3	0.000	0.000	45.000	27.000	29.000	783.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:19	2.264	2.264		0.985739463601533	18.377	1.773
2		00:00:32	3.655	3.655		1.21580076628353	22.666	2.862
3		00:00:16	2.568	0.028		0.384195402298851	6.685	2.025



DP-8005 PREPERM L300 / RST

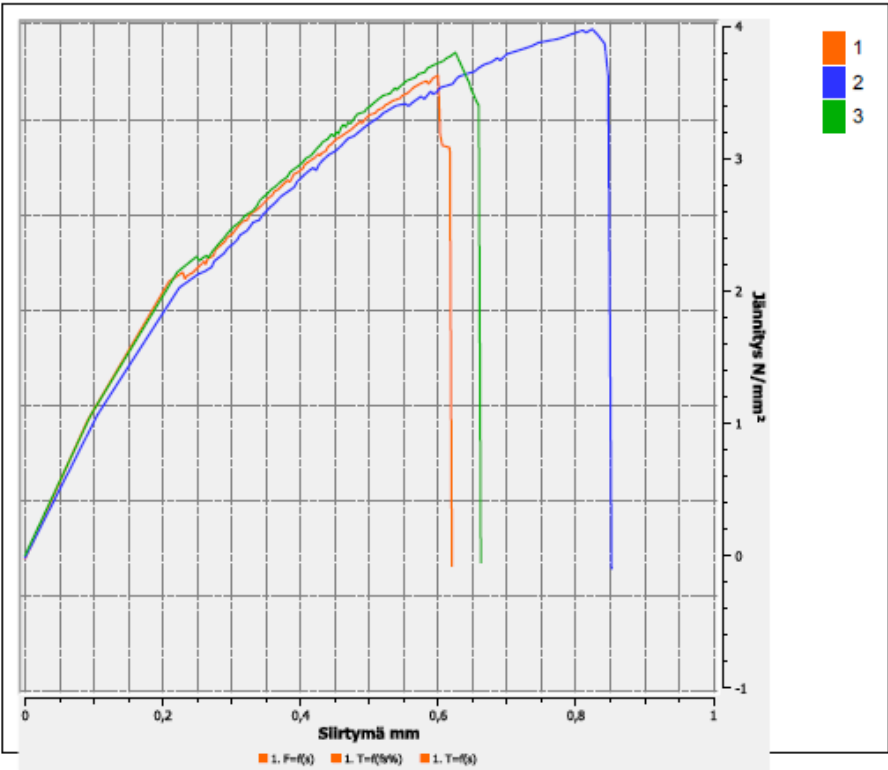
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	27.000	28.000	756.000
2	0.000	0.000	45.000	27.000	28.000	756.000
3	0.000	0.000	45.000	27.000	28.000	756.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:46	3.628	0.037		0.473630952380952	7.957	2.743
2		00:00:43	3.989	0.029		0.42827380952381	7.195	3.016
3		00:00:41	3.812	-0.003		0.463928571428571	7.794	2.882



VHB-4932 PREPERM L300

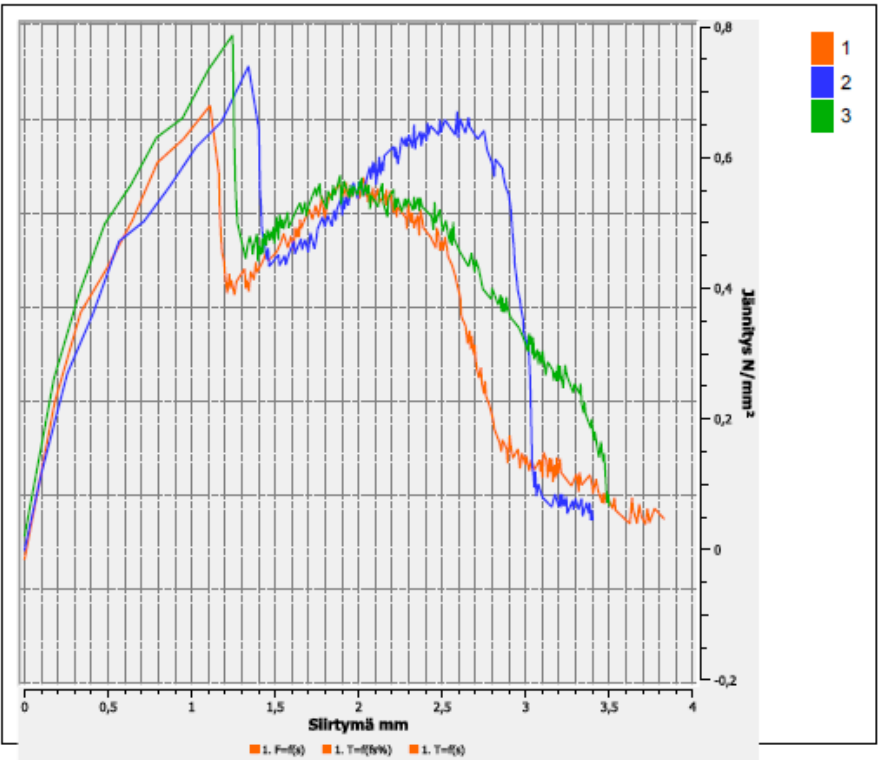
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	43.000	26.000	30.000	780.000
2	0.000	0.000	43.000	26.000	30.000	780.000
3	0.000	0.000	43.000	26.000	30.000	780.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:02:18	0.679	0.679		0.064224358974359	1.165	0.530
2		00:01:45	0.760	0.760		0.127015384615385	2.304	0.593
3		00:01:57	0.787	0.787		0.0906858974358974	1.645	0.614



VHB-4932 PREPERM L300 / Alumiini

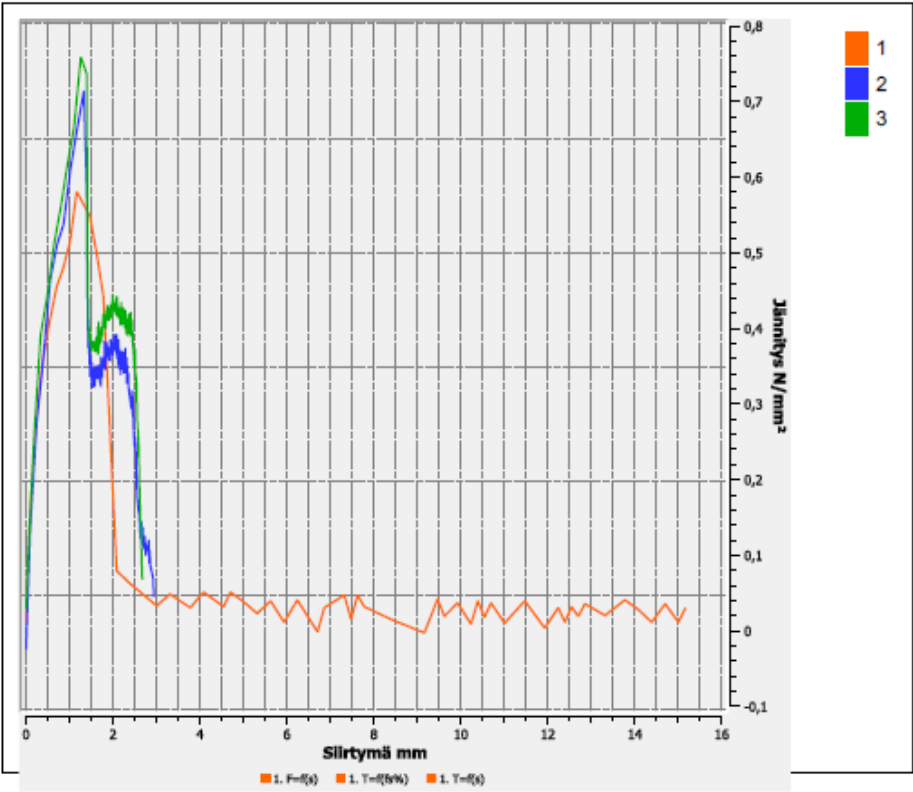
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	26.000	30.000	780.000
2	0.000	0.000	45.000	26.000	30.000	780.000
3	0.000	0.000	45.000	26.000	30.000	780.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:32	0.038	0.038		0	0.000	0.030
2		00:01:21	0.714	0.714		0.106326923076923	1.843	0.557
3		00:01:08	0.759	0.759		0.1065	1.846	0.592



VHB-4932 PREPERM L300 / RST

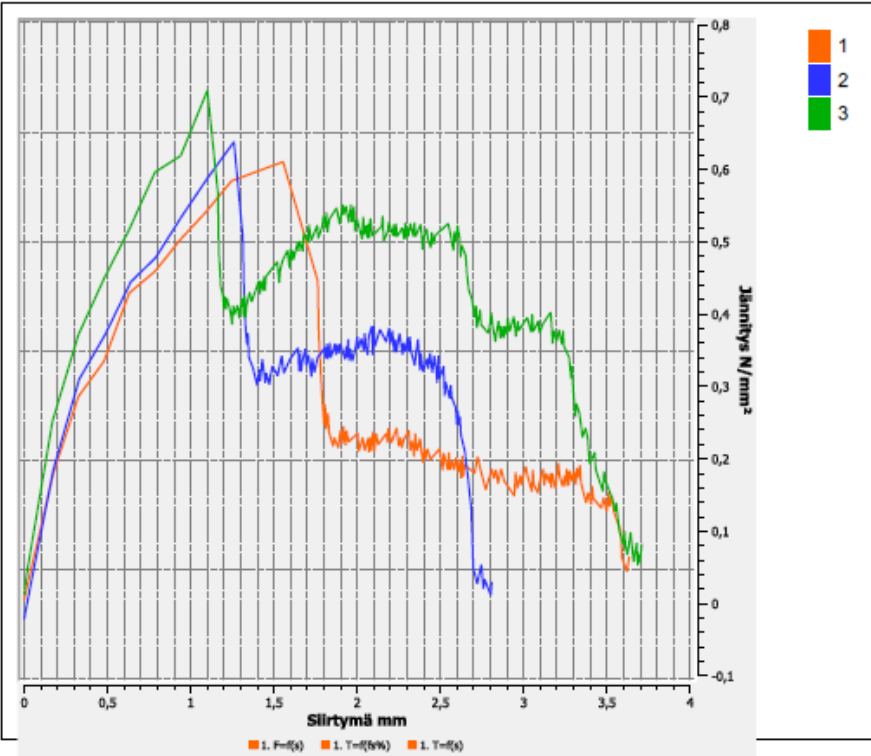
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	44.000	26.000	32.000	832.000
2	0.000	0.000	44.000	26.000	32.000	832.000
3	0.000	0.000	44.000	26.000	32.000	832.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/ mm <sup>2</sup>	ReH N/ mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:01:39	0.620	0.620		0.0983653846153846	1.860	0.516
2		00:01:19	0.638	0.638		0.0816009615384615	1.543	0.531
3		00:02:12	0.709	0.709		0.0803317307692308	1.519	0.590



Upotustestin vetolujuuskäyrät

Loctite 406, upotetut kappaleet

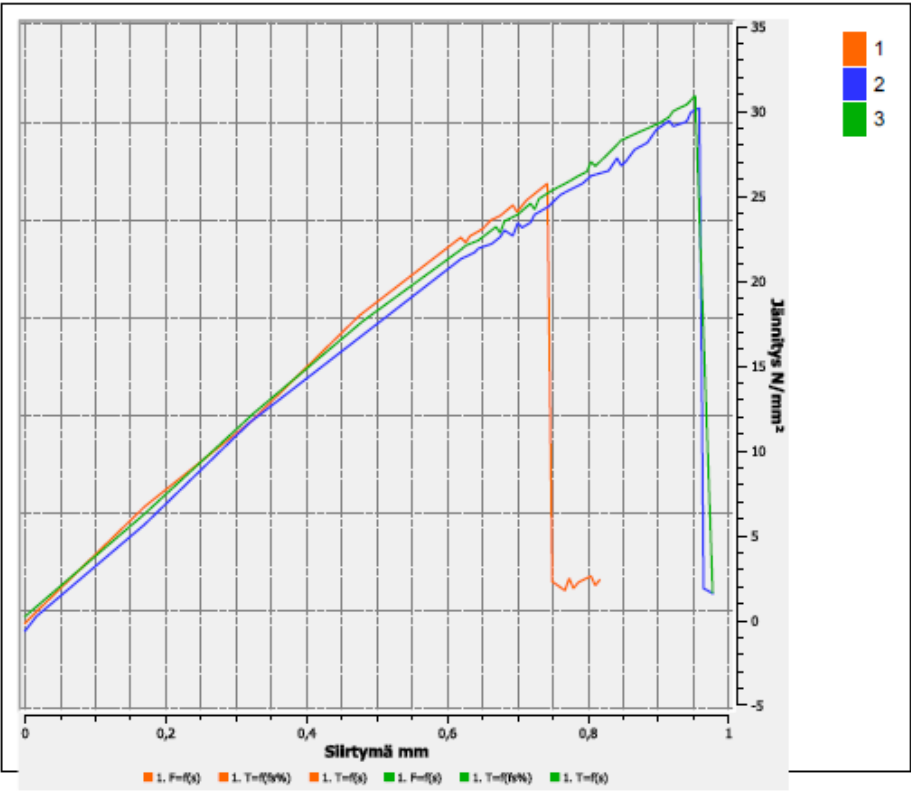
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
2	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
3	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:13	25.750	25.750		14.42	5.768	1.030
2		00:00:21	30.200	30.200		16.72	6.688	1.208
3		00:00:21	31.300	31.300		17.415	6.966	1.252



Loctite 4090, upotetut kappaleet

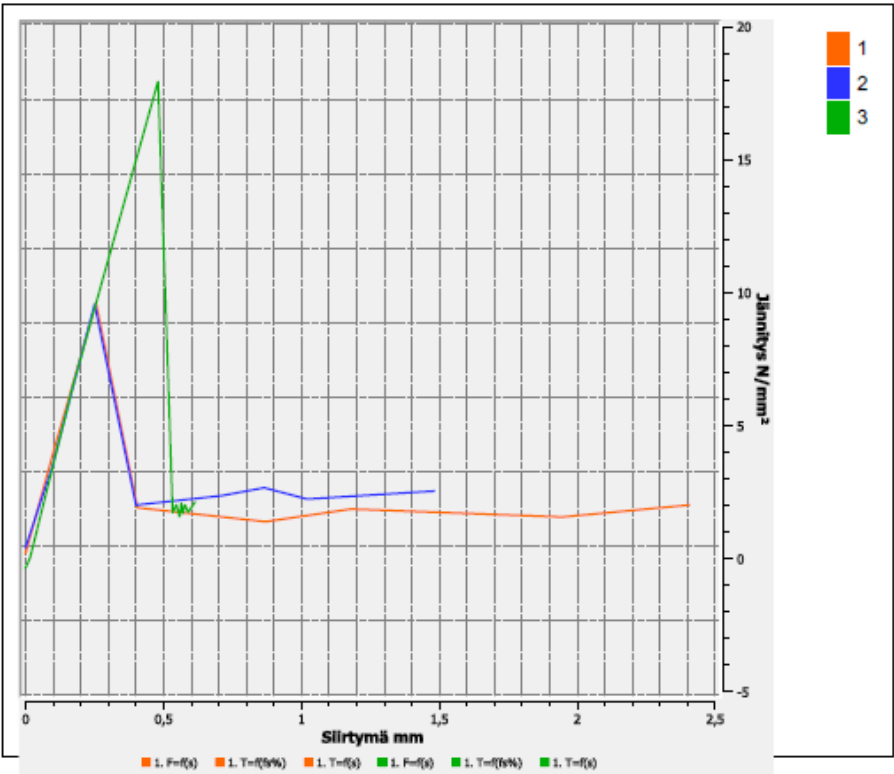
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
2	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
3	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:07	0.350	0.350		0	0.000	0.014
2		00:00:05	0.125	0.125		0	0.000	0.005
3		00:00:07	17.950	17.950		3.805	1.522	0.718



Loctite 4902, uotetut kappaleet

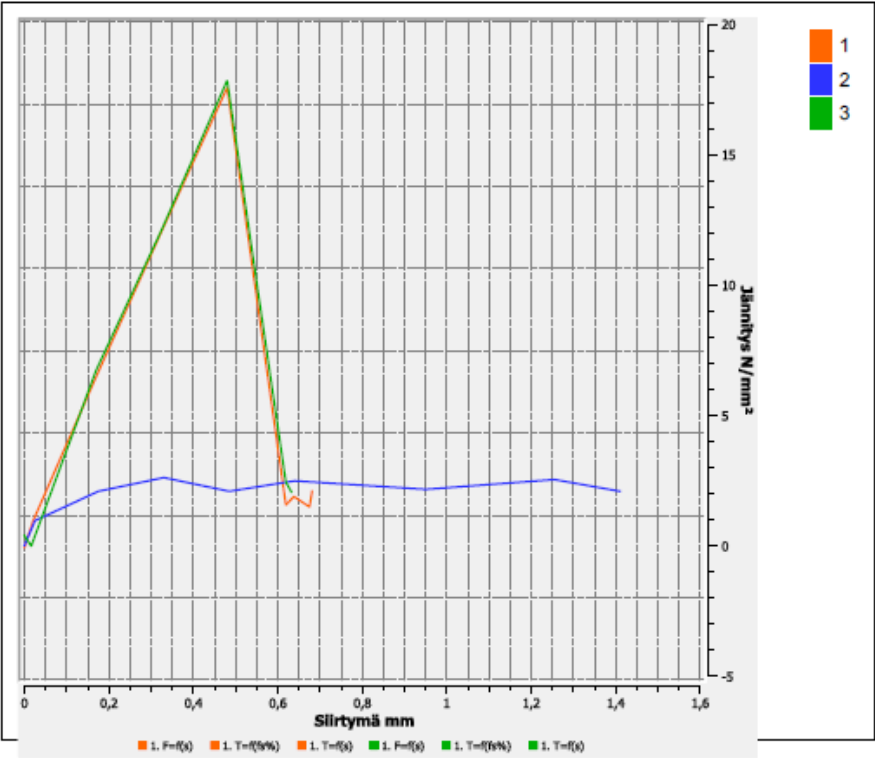
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
2	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
3	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm²	ReH N/mm²	E1 (hv.) N/mm²	E1 (s.) N/mm²	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:06	17.575	17.575		3.67	1.468	0.703
2		00:00:05	0.025	0.025		0	0.000	0.001
3		00:00:04	20.725	20.725		3.635	1.454	0.829





Termisen syklin vetolujuuskäyrät

Loctite 406, vanhenneut kappaleet, vetolujuus

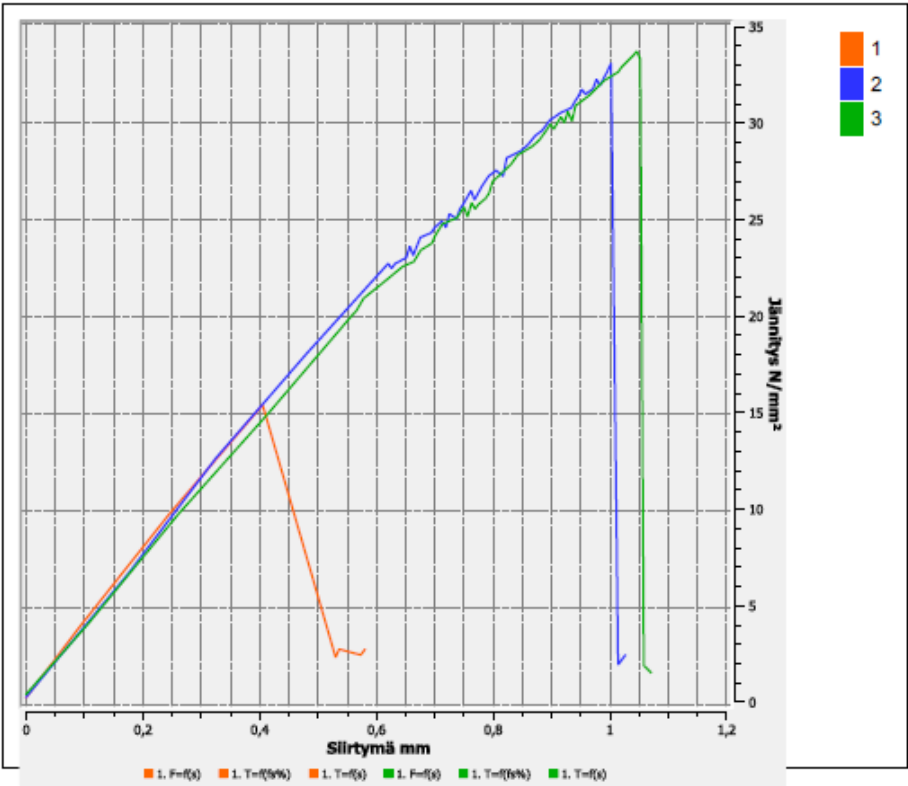
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
2	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
3	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:07	15.400	15.400		3.6725	1.469	0.616
2		00:00:23	33.175	33.175		18.1775	7.271	1.327
3		00:00:28	33.925	33.925		18.8725	7.549	1.357



Loctite 4090, vanhenneutut kappaleet, vetolujuus

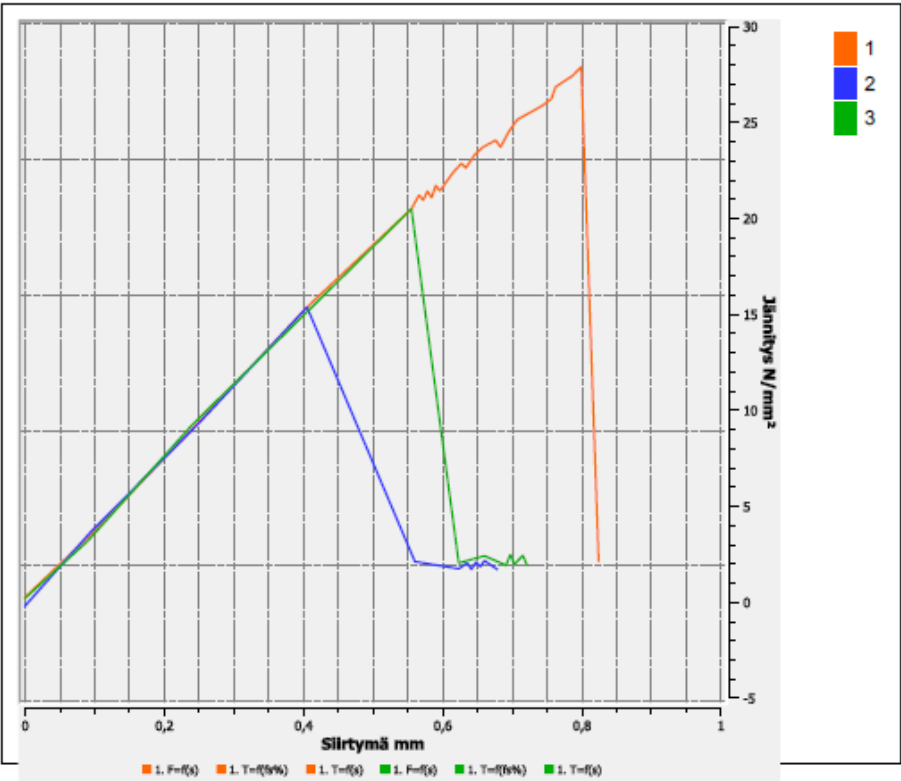
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
2	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
3	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:17	28.525	28.525		14.8	5.920	1.141
2		00:00:07	2.225	2.225		0.4	0.160	0.089
3		00:00:08	22.875	22.875		3.7325	1.493	0.915



Loctite 4902, vanhenneutut kappaleet, vetolujuus

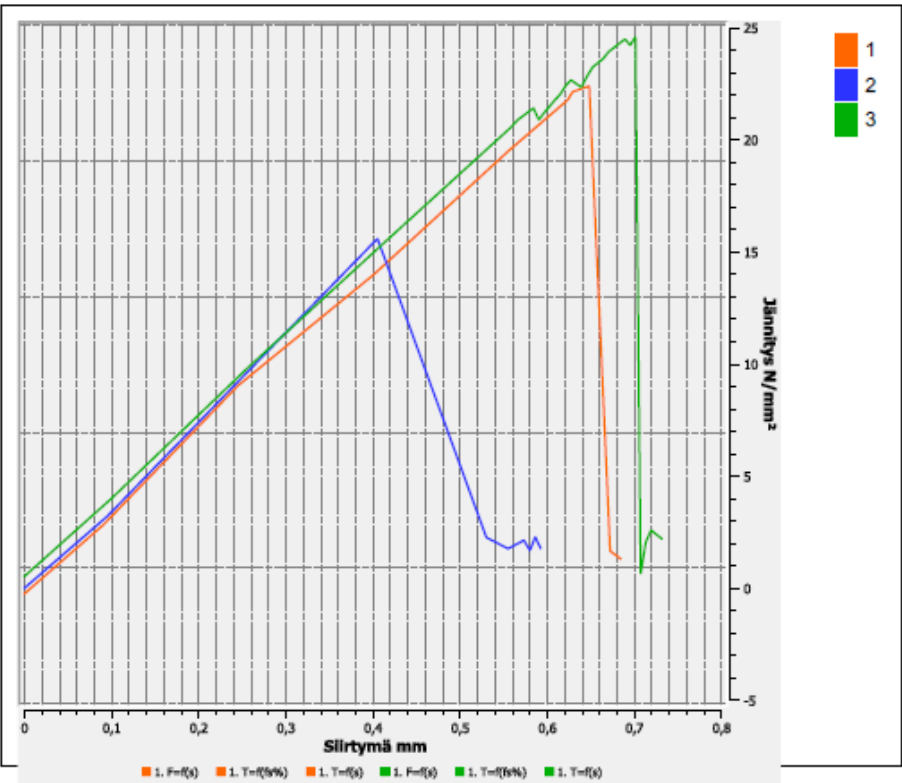
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
2	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000
3	0.000	0.000	100.000	10.000	4.000	40.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:06	22.500	22.500		3.5925	1.437	0.900
2		00:00:07	15.600	15.600		3.905	1.562	0.624
3		00:00:12	24.600	24.600		12.8325	5.133	0.984



Termisen syklin leikkauslujuuskäyrät

Loctite 406, vanhenneetut kappaleet, leikkauslujuus

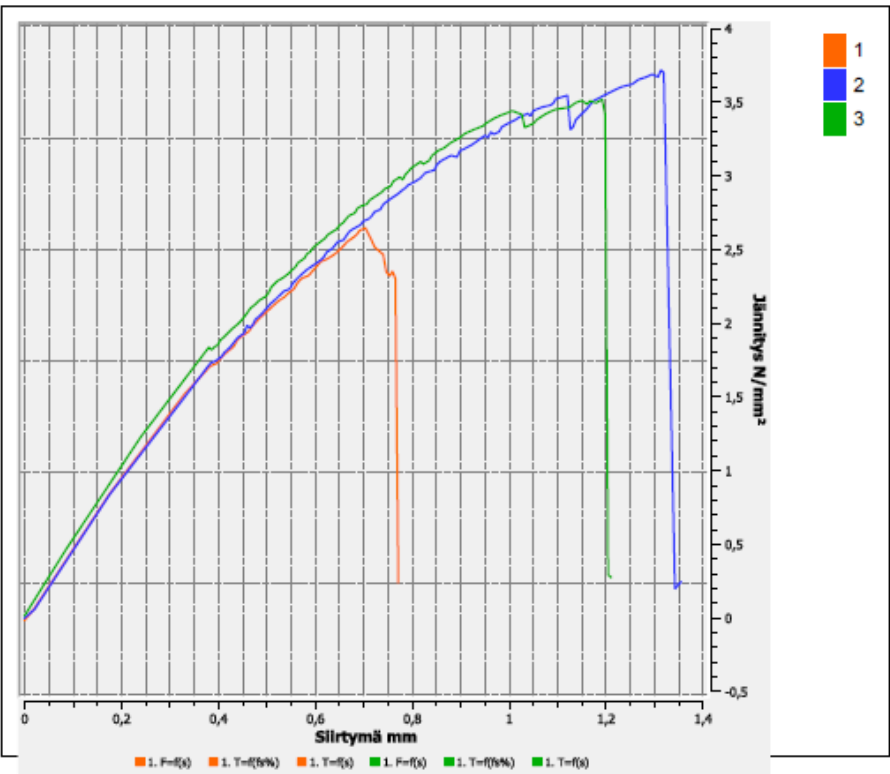
Koestaja Jukka Sulin

KOETULOKSET

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000
2	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000
3	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:22	2.664	0.227		0.214446428571429	4.003	2.238
2		00:00:53	3.720	0.198		0.213	3.976	3.125
3		00:00:44	3.519	0.256		0.230785714285714	4.308	2.956



Loctite 4090, vanhenneetut kappaleet, leikkauslujuus

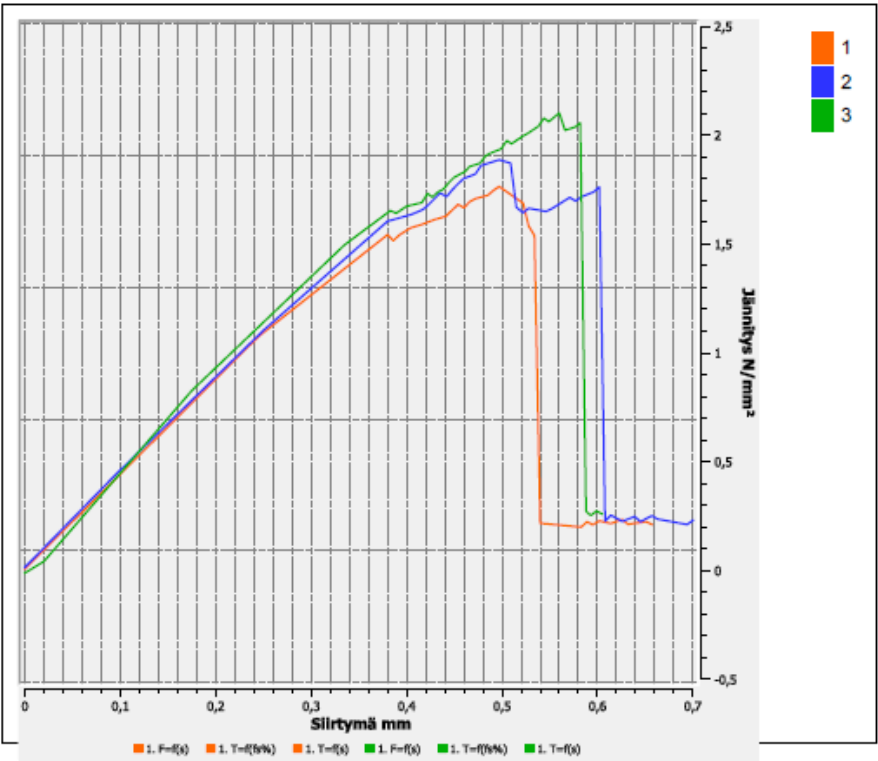
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000
2	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000
3	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:16	1.764	1.764		0.462267857142857	8.629	1.482
2		00:00:19	1.904	1.904		0.500196428571429	9.337	1.599
3		00:00:18	2.102	2.102		0.584517857142857	10.911	1.766



Loctite 4902, vanhenneetut kappaleet, leikkauslujuus

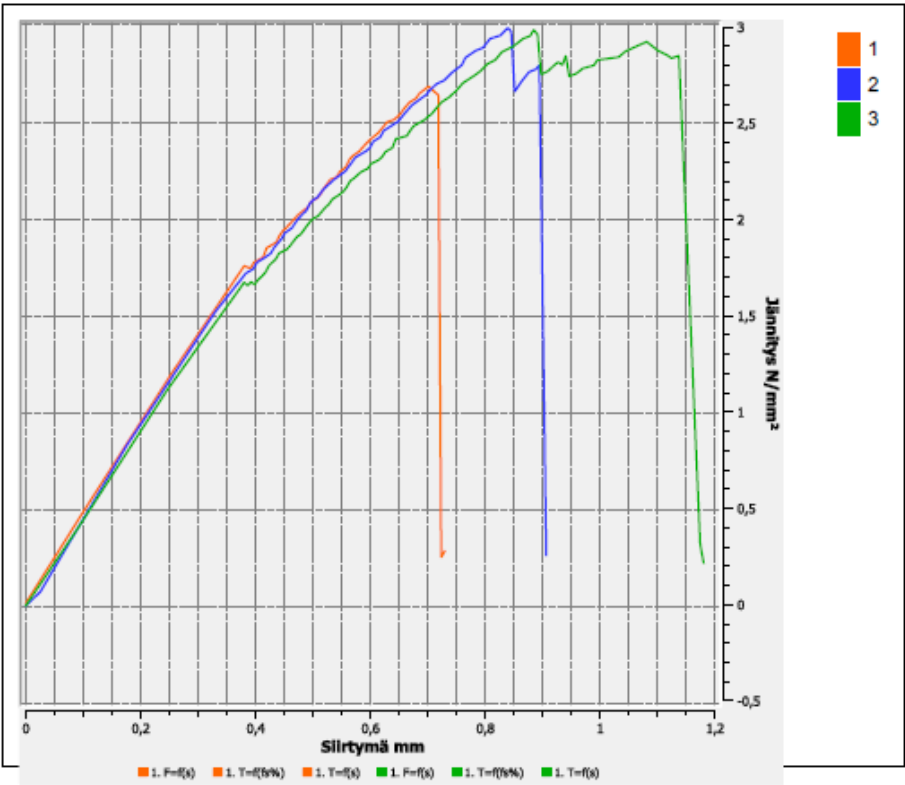
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000
2	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000
3	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:22	2.699	2.699		0.718232142857143	13.407	2.267
2		00:00:30	2.996	0.249		0.210053571428571	3.921	2.517
3		00:00:43	2.986	0.204		0.205285714285714	3.832	2.508



Loctite 3038, vanhenneut kappaleet, leikkauslujuus

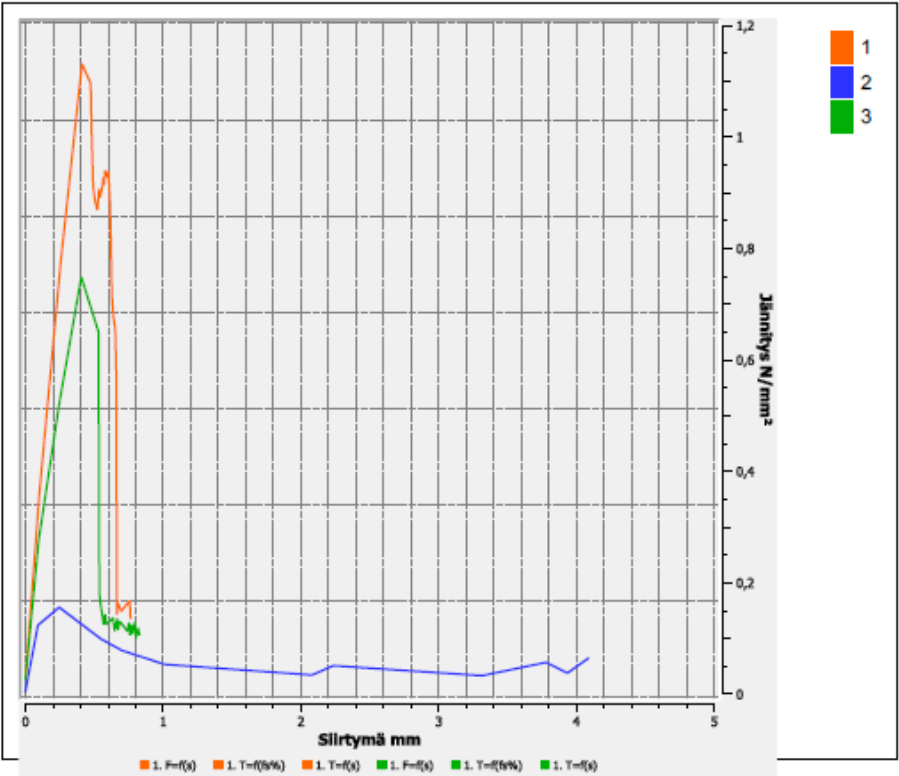
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000
2	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000
3	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:17	1.217	1.217		0.238714285714286	4.456	1.022
2		00:00:10	0.008	0.008		0	0.000	0.007
3		00:00:19	0.750	0.750		0.161035714285714	3.006	0.630



DP-8005, vanhenneetut kappaleet, leikkauslujuus

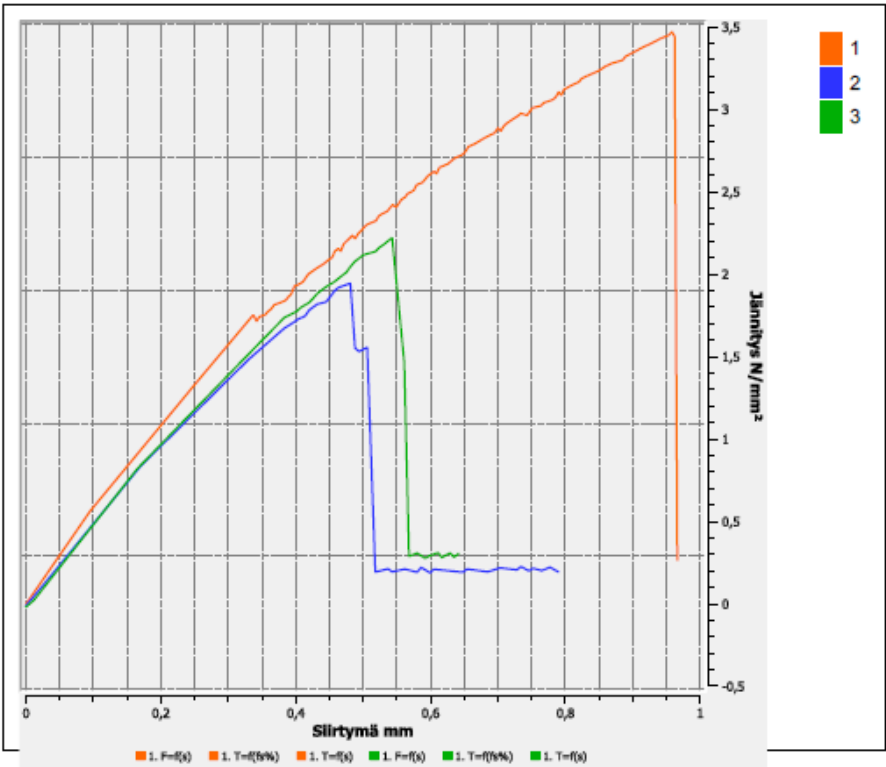
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000
2	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000
3	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:00:48	3.469	3.469		1.29080357142857	24.095	2.914
2		00:00:23	1.944	1.944		0.516910714285714	9.649	1.633
3		00:00:16	2.220	2.220		0.543160714285714	10.139	1.865





VHB-4932, vanhenneut kappaleet, leikkauslujuus

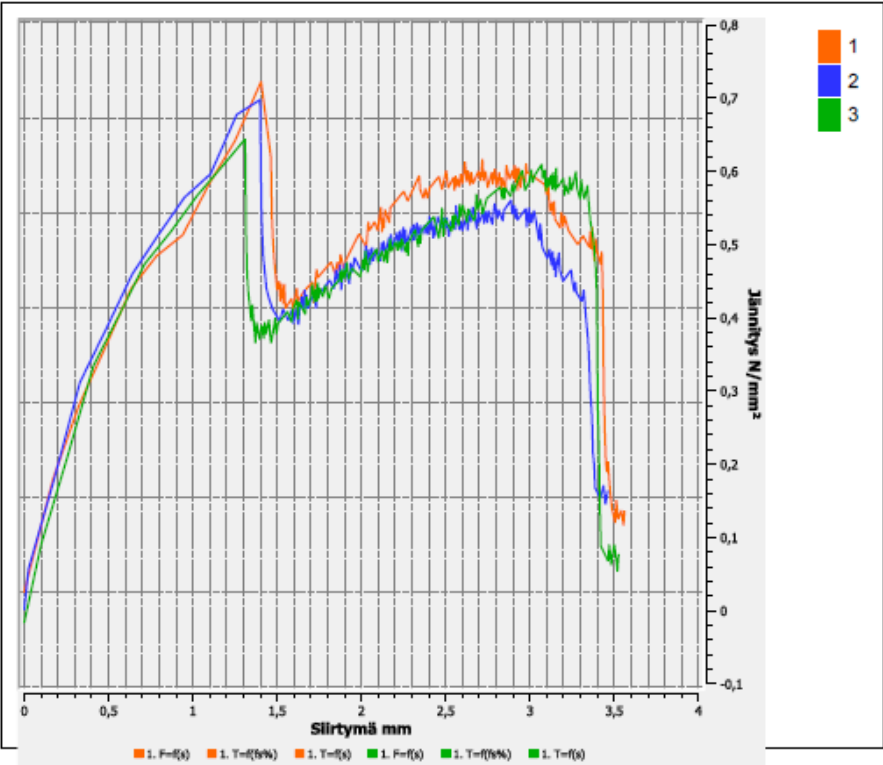
KOETULOKSET

Koestaja Jukka Sulin

Vetokoe

#	L <sub>0</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>c</sub>	a	b	Pinta-ala
1	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000
2	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000
3	0.000	0.000	45.000	28.000	30.000	840.000

#	Nimi	Kesto	ReL N/mm <sup>2</sup>	ReH N/mm <sup>2</sup>	E1 (hv.) N/mm <sup>2</sup>	E1 (s.) N/mm <sup>2</sup>	Jousivakio kN/mm	Maksimivoima kN
1		00:01:50	0.723	0.723		0.118125	2.205	0.607
2		00:01:48	0.698	0.698		0.0917678571428572	1.713	0.586
3		00:01:56	0.644	0.644		0.152196428571429	2.841	0.541



## RF-läpäisykyky mittaukset

Permittiivisyys Dk ja dielektrinen häviökerroin Df

Liima	Df (1GHz)	Dk (1GHz)	Levyn paksuusvaihtelu (mm)
<b>Referenssi (L 300)</b>	0,0005	3,00	
<b>Loctite 3038</b>	0,0082	3,09	2,198–2,609
	0,0045	3,2	
	0,0130	3,06	
	0,0120	2,85	
<b>Keskiarvo:</b>	<b>0,0094</b>	<b>3,05</b>	
<b>VHB-4932</b>	0,0032	2,82	2,622–2,763
	0,0035	2,82	
	0,0032	2,81	
	0,0030	2,72	
<b>Keskiarvo:</b>	<b>0,0032</b>	<b>2,79</b>	
<b>Loctite 406</b>	0,00073	3,01	1,980–2,046
	0,00094	2,99	
	0,00096	2,95	
	0,00110	3,02	
<b>Keskiarvo:</b>	<b>0,00093</b>	<b>2,99</b>	
<b>Loctite 4090</b>	0,0015	2,99	2,063–2,132
	0,0020	2,98	
	0,0021	3,01	
	0,0021	2,92	
<b>Keskiarvo:</b>	<b>0,0019</b>	<b>2,98</b>	
<b>Loctite 4902</b>	0,0010	2,96	2,000–2,104
	0,0092	3,02	
	0,0095	3,000	
	0,0092	2,97	
<b>Keskiarvo:</b>	<b>0,0072</b>	<b>2,99</b>	
<b>DP-8005</b>	0,0017	3,20	2,197–2,246
	0,0030	2,98	
	0,0032	2,94	
	0,0030	3,01	
<b>Keskiarvo:</b>	<b>0,0027</b>	<b>3,03</b>	

**Loctite 770****Tekniset tiedot**

Technical Data Sheet

**LOCTITE® SF 770™**Known as LOCTITE® 770™  
August 2014**PRODUCT DESCRIPTION**

LOCTITE® SF 770™ provides the following product characteristics:

<b>Technology</b>	Primer - Cyanoacrylate
<b>Chemical Type</b>	Aliphatic amine
<b>Solvent</b>	n-Heptane
<b>Active Ingredient Concentration, %</b>	0.07 to 0.13 <sup>MS</sup>
<b>Appearance</b>	Transparent to slightly hazy liquid <sup>MS</sup>
<b>Fluorescence</b>	Positive under UV light <sup>MS</sup>
<b>Viscosity</b>	Very low
<b>Cure</b>	Not applicable
<b>Application</b>	CA surface primer

LOCTITE® SF 770™ is used to make polyolefin and other low energy surfaces suitable for bonding with Loctite cyanoacrylate adhesives. On such treated surfaces the cured performance of LOCTITE® cyanoacrylate adhesives is generally similar to that described in the TDS for the relevant adhesive. It is only recommended for difficult to bond substrates which include polyethylene, polypropylene, polytetrafluoroethylene (PTFE) and thermoplastic rubber materials. LOCTITE® SF 770™ Polyolefin Primer is not recommended in assemblies where high peel strength is required.

**TYPICAL PROPERTIES**

Specific Gravity @ 25 °C	0.68
Viscosity @ 20 °C, mPa·s (cP)	1.25
Drying Time @ 20 °C, seconds	≤30
On Part Life, hours	≤8
Flash Point - See SDS	

**TYPICAL PERFORMANCE**

Fixture time and cure speed achieved as a result of using LOCTITE® SF 770™ depend on the adhesive used and the substrate bonded.

**Effect on Cure Speed of Cyanoacrylate Adhesives**

LOCTITE® SF 770™ also behaves as an activator and accelerates the cure speed of cyanoacrylate adhesives. Fixturing time on most primed substrates is less than 5 seconds but 24 hours at room temperature (22 °C) should be allowed for adhesive to develop maximum bond strength.

**Effect on Cured Properties of Cyanoacrylate Adhesives**

Products 406, 496 and 460 are based on ethyl, methyl and β-Methoxyethyl esters respectively. Other LOCTITE® liquid products based on these esters will behave in a similar fashion to these examples.

**TYPICAL PERFORMANCE OF CURED MATERIAL****Performance Data**

Substrates treated with LOCTITE® SF 770™

After 24 hours @ 22 °C / 55% RH:

Lap Shear Strength, ISO 4587:	
Polypropylene and LOCTITE® 406™	N/mm² 3 to 10 (psi) (440 to 1,450)
Polypropylene and LOCTITE® 496™	N/mm² 2 to 7 (psi) (290 to 1,015)
Polypropylene and LOCTITE® 460™	N/mm² 1 to 4 (psi) (145 to 580)
Thermoplastic Rubber and LOCTITE® 406™	N/mm² 2 to 6 (psi) (290 to 870)
Polytetrafluoroethylene (PTFE) and LOCTITE® 406™	N/mm² 1 to 6 (psi) (145 to 870)
HDPE treated with LOCTITE® SF 770™ to:	
Mild steel (grit blasted) without primer and LOCTITE® 406™	N/mm² 4 to 10 (psi) (580 to 1,450)
Polypropylene treated with primer and LOCTITE® 496™	N/mm² 5 to 15 (psi) (725 to 2,175)

**TYPICAL ENVIRONMENTAL RESISTANCE**

Environmental Resistance of Cyanoacrylate bonds on substrates treated with LOCTITE® SF 770™

Cured for 24 hours:

Lap Shear Strength, ISO 4587

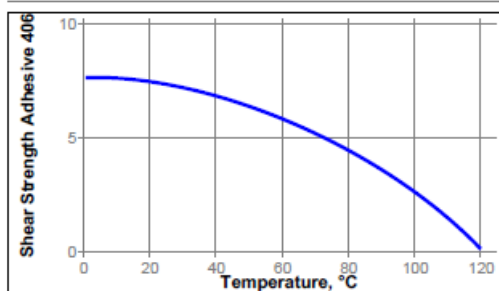
**Hot Strength**

Polypropylene to Polypropylene

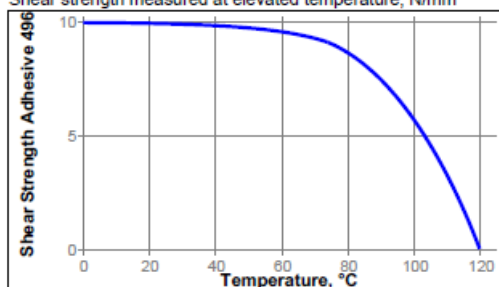
Shear strength measured at elevated temperature, N/mm²



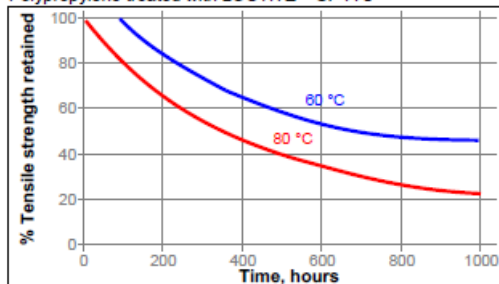
TDS LOCTITE® SF 770™, August 2014



Grit Blasted Mild Steel to Polypropylene  
Shear strength measured at elevated temperature, N/mm²

**Heat Aging**

Polypropylene treated with LOCTITE® SF 770™

**Chemical/Solvent Resistance**

On Isopropyl Alcohol wiped Polypropylene, treated with LOCTITE® SF 770™. (For effect of other solvents see TDS for relevant adhesive)

Environment	°C	% of initial strength		
		100 h	500 h	1000 h
95% RH	40	100	100	100

**GENERAL INFORMATION**

This product is not recommended for use in pure oxygen and/or oxygen rich systems and should not be selected with a sealant for chlorine or other strong oxidizing materials.

**Directions for use:**

Primer may be applied by spraying, brushing or dipping at ambient temperature. Excess primer should be avoided. Presence of primer may be detected by means of a UV inspection lamp (365 nm). If polyolefin and more active or easier to bond materials are involved, apply the primer to the polyolefin only.

**Handling precautions**

Primer must be handled in a manner applicable to highly flammable materials and in compliance with relevant local regulations. The solvent can affect certain plastics or coatings. It is recommended to check all surfaces for compatibility before use.

**Loctite Material Specification<sup>LMS</sup>**

LMS dated November 6, 2000. Test reports for each batch are available for the indicated properties. LMS test reports include selected QC test parameters considered appropriate to specifications for customer use. Additionally, comprehensive controls are in place to assure product quality and consistency. Special customer specification requirements may be coordinated through Henkel Quality.

**Storage**

Store product in the unopened container in a dry location. Storage information may be indicated on the product container labeling.

**Optimal Storage:** 8 °C to 21 °C. Storage below 8 °C or greater than 28 °C can adversely affect product properties. Material removed from containers may be contaminated during use. Do not return product to the original container. Henkel Corporation cannot assume responsibility for product which has been contaminated or stored under conditions other than those previously indicated. If additional information is required, please contact your local Technical Service Center or Customer Service Representative.

**Conversions**

(°C x 1.8) + 32 = °F  
 kV/mm x 25.4 = V/mil  
 mm / 25.4 = inches  
 μm / 25.4 = mil  
 N x 0.225 = lb  
 N/mm x 5.71 = lb/in  
 N/mm² x 145 = psi  
 MPa x 145 = psi  
 N-m x 8.851 = lb-in  
 N-m x 0.738 = lb-ft  
 N-mm x 0.142 = oz-in  
 mPa-s = cP

**Note:**

Henkel Americas  
+860.571.5100

Henkel Europe  
+49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific  
+86.21.2891.8859

For the most direct access to local sales and technical support visit: [www.henkel.com/industrial](http://www.henkel.com/industrial)

The information provided in this Technical Data Sheet (TDS) including the recommendations for use and application of the product are based on our knowledge and experience of the product as at the date of this TDS. The product can have a variety of different applications as well as differing application and working conditions in your environment that are beyond our control. Henkel is, therefore, not liable for the suitability of our product for the production processes and conditions in respect of which you use them, as well as the intended applications and results. We strongly recommend that you carry out your own prior trials to confirm such suitability of our product.

Any liability in respect of the information in the Technical Data Sheet or any other written or oral recommendation(s) regarding the concerned product is excluded, except if otherwise explicitly agreed and except in relation to death or personal injury caused by our negligence and any liability under any applicable mandatory product liability law.

**In case products are delivered by Henkel Belgium NV, Henkel Electronic Materials NV, Henkel Nederland BV, Henkel Technologies France SAS and Henkel France SA please additionally note the following:**

In case Henkel would be nevertheless held liable, on whatever legal ground, Henkel's liability will in no event exceed the amount of the concerned delivery.

**In case products are delivered by Henkel Colombiana, S.A.S. the following disclaimer is applicable:**

The information provided in this Technical Data Sheet (TDS) including the recommendations for use and application of the product are based on our knowledge and experience of the product as at the date of this TDS. Henkel is, therefore, not liable for the suitability of our product for the production processes and conditions in respect of which you use them, as well as the intended applications and results. We strongly recommend that you carry out your own prior trials to confirm such suitability of our product.

Any liability in respect of the information in the Technical Data Sheet or any other written or oral recommendation(s) regarding the concerned product is excluded, except if otherwise explicitly agreed and except in relation to death or personal injury caused by our negligence and any liability under any applicable mandatory product liability law.

**In case products are delivered by Henkel Corporation, Resin Technology Group, Inc., or Henkel Canada Corporation, the following disclaimer is applicable:**

The data contained herein are furnished for information only and are believed to be reliable. We cannot assume responsibility for the results obtained by others over whose methods we have no control. It is the user's responsibility to determine suitability for the user's purpose of any production methods mentioned herein and to adopt such precautions as may be advisable for the protection of property and of persons against any hazards that may be involved in the handling and use thereof. In light of the foregoing, **Henkel Corporation specifically disclaims all warranties expressed or implied, including warranties of merchantability or fitness for a particular purpose, arising from sale or use of Henkel Corporation's products. Henkel Corporation specifically disclaims any liability for consequential or incidental damages of any kind, including lost profits.** The discussion herein of various processes or compositions is not to be interpreted as representation that they are free from domination of patents owned by others or as a license under any Henkel Corporation patents that may cover such processes or compositions. We recommend that each prospective user test his proposed application before repetitive use, using this data as a guide. This product may be covered by one or more United States or foreign patents or patent applications.

#### **Trademark usage**

Except as otherwise noted, all trademarks in this document are trademarks of Henkel Corporation in the U.S. and elsewhere. ® denotes a trademark registered in the U.S. Patent and Trademark Office.

#### **Reference 1.4**

Henkel Americas  
+860.571.5100

Henkel Europe  
+49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific  
+86.21.2891.8859

**For the most direct access to local sales and technical support visit: [www.henkel.com/industrial](http://www.henkel.com/industrial)**